This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

3028
22

Digitized by Google

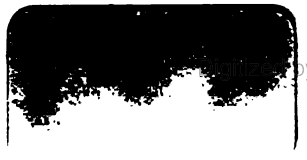
Class 3026.22

Harvard College Library

FROM THE

CONSTANTIUS FUND

Established by Professor E. A. SOPHOCLES of Harvard University for "the purchase of Greek and Latin books (the ancient classics), or of Arabic books, or of books illustrating or explaining such Greek, Latin, or Arabic books."



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

# Die
# pneumatischen Erfindungen
# der Griechen.

9.96 F

Von

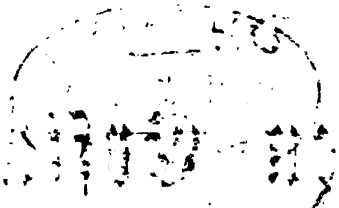
Friedrich von Drieberg.

Mit Kupfern.

Berlin, 1822.
Bei T. Trautwein.

Digitized by Google

Class 3028.22
~~3282.49~~



Constantius fund

949

Digitized by Google

# Einleitung.

Von den Quellen, welche ich zu gegenwärtiger Schrift benutzt habe, ist die Pneumatik des Heron *) die vornehmste. Leider ist aber dieses herrliche Werk so äußerst verstümmelt auf uns gekommen, daß nur sehr wenige Lehrsätze ganz ohne Fehler sind. Ich habe daher viele Veränderungen machen müssen. Doch ist dies nicht willkührlich geschehen, sondern jede Veränderung ist das Erzeugniß der Vergleichung des fehlerhaften Lehrsatzes mit andern Lehrsätzen desselben Verfassers. Wie nothwendig aber die gemachten Veränderungen sind, wird man schon aus folgenden wenigen Beispielen entnehmen können:

Seite 162 ist das Sieb zugleich auch die Scheidewand; folglich die Kanne durchaus unbrauchbar. Wir ersehen jedoch ihre wahre Einrichtung aus dem unmittelbar vorhergehenden Lehrsatze.

Seite 165 hat die Luftpumpe nur ein Luftloch, und ist auch sonst noch gar seltsam gebildet. Ihre Einrichtung ersehen wir aber aus den Beschreibungen der Wasserorgel und Feuerspritze.

Seite 192 ist der Schlauch mit einem Gewichte belastet; die Luftverdünnung also ganz umsonst.

*) Heronis Alexandrini Spiritalium, inter Math. vet. p. 145.



Digitized by Google

Seite 196 wird das Maaß beim Aufrichten der Kanne sich nicht wieder füllen, da keine Luft als Ersatz eindringen kann.

Seite 200 sind der Heber und Trichter offenbar Zusätze eines Unwissenden, weil das Wasser eher aus dem Heber zurücktreten, als in der Röhre hinaufsteigen wird.

Seite 228 hat die Luftpumpe oben noch einen Aufsatz, wodurch die Wirkung derselben unnöthiger Weise verringert wird, indem ein großer Theil der verdichteten Luft darin zurückbleibt. u. s. w.

Was ferner die Zeichnungen betrifft, so sind die alten zwar sämmtlich verloren gegangen, man sieht aber doch aus den Beschreibungen — da immer an einer und derselben Zeichnung das Äußere und Innere erklärt wird — daß Heron seine Zeichnungen so muß entworfen haben, als wäre die dargestellte Vorrichtung von durchsichtigem Glase, und daß also bloß Umrisse erforderlich sind. Diese Art der Darstellung ist auch unstreitig die deutlichste von allen, indem hierbei der Zusammenhang der wirkenden Theile am besten zu übersehen ist. — Um nun auch die Grundsätze kennen zu lernen, nach welchen die Griechen die pneumatischen Erscheinungen erklären, werde ich das hierher gehörende aus dem Heron im Auszuge mittheilen.

„Ehe wir den Vortrag der Pneumatik beginnen, müssen wir erst über den lee„ren Raum etwas Näheres zu bestimmen suchen. Denn die Einen behaupten, es „gebe durchaus gar keinen leeren Raum, die Andern hingegen sagen: ein gehäufter „leerer Raum (ἄθροον) d. h. ein leerer Raum von beträchtlichem Umfange, sei al„lerdings nicht der Natur gemäß, er sei aber der Luft, der Feuchtigkeit, dem Feuer, „und den übrigen Körpern, in kleinen Theilchen beigesellt. Von diesen beiden Mei„nungen verdient unstreitig die letztere den meisten Beifall; denn wir werden in der „Folge sehen, daß, ohne die Annahme von kleinen leeren Zwischenräumen, viele Er„scheinungen gar nicht zu erklären sind."

„Da es nun also keinen gehäuften leeren Raum (gehäufte Leere) giebt, so sind „auch die Gefäße, welche wir gemeinhin leer nennen, nicht leer, sondern mit Luft „angefüllt. Die Luft aber besteht, den Physikern zufolge, aus sehr kleinen, leichten,

Digitized by Google

„und unsichtbaren Körperchen. Wenn wir daher in ein Gefäß, das leer zu sein „scheint, Wasser gießen, so geht eben so viel Luft heraus, als Wasser hineingegossen „wird. Hiervon kann man sich überzeugen, wenn man ein Gefäß, das leer zu sein „scheint, umkehrt, und es in gerader Richtung nach unten ins Wasser drückt; denn „das Wasser wird, wenn man auch das Gefäß ganz untertaucht, doch nicht eindrin„gen. Man sieht aber leicht, daß es die Luft ist, welche das Eindringen des Was„sers verhindert. Durchbohren wir jedoch den Boden des Gefäßes, so wird das „Wasser sogleich durch die Mündung eindringen, und die Luft durch das Loch im „Boden entweichen. Es muß also nothwendig die Luft ein Körper sein. Sie wird „aber bewegt zu Wind; denn Wind ist nichts anders als bewegte Luft. Wenn daher „Jemand, während das Wasser in die Mündung des durchbohrten Gefäßes eindringt, „die Hand an das Loch hält, so wird er das Ausströmen des Windes deutlich fühlen. „Dieser Wind ist aber die vom Wasser herausgetriebene Luft. Wir müssen also an„nehmen, daß ein gehäufter leerer Raum an und für sich nicht bestehen könne, son„dern daß er der Luft, der Feuchtigkeit, und den übrigen Körpern nur in kleinen „Theilchen beigesellt sei."

„Ein sichtbares Bild der Luft gibt uns der Sand; denn wie sich hier zwischen „den Sandkörnern Luft befindet, so befinden sich zwischen den Lufttheilchen leere „Räume. Hieraus läßt sich denn auch begreifen, wie es möglich ist, daß die Luft so„wohl zusammengedrückt als ausgedehnt werden kann; nemlich, durch die Zusam„mendrückung werden sämmtliche leere Zwischenräume verkleinert, durch die Ausdeh„nung werden sie vergrößert. Beide Zustände der Luft sind aber unnatürlich, denn „bei der Ausdehnung entsteht eine zu große Leere, bei der Zusammendrückung, eine „zu geringe. Es äußert daher die Luft, sowohl ausgedehnt als zusammengedrückt, „ein heftiges Bestreben sich wieder in ihren vorigen Zustand zu versetzen. Nimmt „man z. B. ein leichtes Gefäß mit enger Mündung, saugt die Luft aus, und läßt es „dann los, so wird es an den Lippen hängen bleiben. Die Ursache hiervon ist keine „andere, als weil in dem Gefäße eine zu große Leere entstanden, und daher die Luft-



Digitized by Google

„theilchen, indem sie sich einander wieder zu nähern streben, das Fleisch anziehen. „Noch deutlicher bemerkt man dies bei den medizinischen Eiern, welches gläserne Ge„fäße mit sehr feiner Mündung sind; denn soll ein solches Ei mit Wasser gefüllt „werden, so wird die Luft ausgesogen, die Mündung mit dem Finger bedeckt, und um„gekehrt in die Feuchtigkeit gehalten. Nimmt man nun den Finger weg; so sieht „man wie das Wasser, die geschehene Ausleerung zu ersetzen, selbst seiner Natur zu„wider, aufwärts in das Gefäß hinauf steigt. Eine gleiche Bewandtniß hat es auch „mit dem Schröpfkopfe; denn das hineingeworfene Feuer vernichtet und verdünnt die „darin befindliche Luft."

„Um aber diejenigen, welche durchaus gar keinen leeren Raum gestatten, von „der Unrichtigkeit ihrer Meinung zu überzeugen, nehme man ein etwas großes Ge„fäß, das einen Hals mit enger Mündung hat. Da sich nun in diesem Gefäße, „wie in allen andern Gefäßen, die man leer nennt, Luft befindet; diese Luft aber den „ganzen innern Raum erfüllt, und sich an die Wände des Gefäßes ununterbrochen „anschließt, so ist klar, daß, wenn die Lufttheilchen ohne leere Zwischenräume an ein„ander liegen, man auf keine Weise mehr Luft, als bereits darin ist, wird hineinbrin„gen können. Dennoch läßt sich, wenn man die Mündung an die Lippen setzt, ein „starker Hauch hineindrängen. Da dies sich nun immer ereignet, so erhellt deutlich, „daß eine Zusammenziehung der in dem Gefäße vorhandenen Körper, in die damit „verschlungenen leeren Räume, geschieht. Ferner, setzt man wieder die Mündung an „die Lippen und saugt, so wird ein großer Theil der in dem Gefäße vorhandenen Luft „sich herausziehen lassen. Da nun doch jetzt weniger Luft in dem Gefäße ist, diese „wenigere Luft aber, nach wie vor, den ganzen innern Raum desselben erfüllt, so „müssen sich entweder die Lufttheilchen vergrößert haben, oder die gesammte Luft „muß lockerer geworden sein. Daß aber ein Körper, ohne Vermehrung seines Be„standes, größer werden sollte, ist gar nicht denkbar. Die Luft in dem Gefäße ist „also nothwendig lockerer geworden, d. h. die sie durchflechtenden leeren Räume ha„ben an Umfang zugenommen. Aber auch das Durchscheinen des Lichts, das Ein-

Digitized by Google

„dringen der Wärme u. s. w. beweisen das Dasein leerer Zwischenräume. Denn „hätte das Wasser keine solche Zwischenräume, und die eindringenden Sonnenstrah„len theilten es mit Gewalt, so müßte offenbar ein volles Gefäß dadurch zum Über„strömen gebracht werden; was doch nicht geschieht."

„Es ist nun zur Genüge, sowohl durch Beispiele als durch Schlüsse, gezeigt „worden, daß alle Körper mit leeren Zwischenräumen durchwebt sind, und daß hierin „der Grund von der Verdünnung und Verdichtung der Luft zu suchen sei. Warum „aber die Luft in einem kleinen umgekehrt unter Wasser gehaltenen Gefäße, wie wir „gleich anfangs gesehen, keine bedeutende Zusammendrückung erleidet, kommt daher, „weil Wasser in sich selbst, d. h. Wasser in Wasser, ohne Gewicht und Druckkraft „ist. Denn ein fester Körper, dessen eigenthümliche Schwere der des Wassers gleich „ist, hat — wie Archimedes bewiesen *) — im Wasser gar kein Gewicht. Nun „ist aber die eigenthümliche Schwere des Wassers sich selber gleich, d. h. Wasser ist „so schwer wie Wasser; folglich hat auch Wasser in Wasser gar kein Gewicht. Der „Druck des Wassers auf die Luft in einem umgekehrt unter Wasser gehaltenen Ge„fäße ist daher nur so groß, als eine gleiche Masse von Wasser schwerer ist; folglich „wird auch dieser Druck nicht vergrößert werden, wir mögen das Gefäß noch so tief „unter Wasser bringen. Aus dem Gesagten läßt sich nun auch begreifen, wie „es zugeht, das ein Taucher — indem der menschliche Körper mit dem Wasser ziem„lich von gleicher Schwere ist — auf dem Grunde des Meeres, von der unermeß„lichen Wassersäule über seinem Rücken nicht den geringsten Druck empfindet, und „die wenige Luft in Nase und Ohren hinlänglich ist, jene erstaunliche Wassermasse „vom Eindringen abzuhalten. Wer dies noch nicht sogleich einsieht, der denke sich „nur, statt der Wassersäule, einen festen Körper von derselben Größe und Schwere „über dem Taucher aufgerichtet. Denn ein solcher Körper hat, wie schon gesagt, im „Wasser gar kein Gewicht, also auch keine Neigung nach unten; wenn er aber keine

*) Archimed. de iis, quae vehuntur in aqua, lib. 1. prop. 2.

Digitized by Google

„Neigung nach unten hat, kann er den Taucher auch nicht drücken. Die Wasser-„säule ist aber nicht schwerer als jener feste Körper, daher kann auch diese den Taucher „nicht drücken."

Nach der Lehre der Griechen, wie wir gesehen, ist die Luft einer zwiefachen Spannkraft — einer abstoßenden und einer anziehenden — fähig. Wird nämlich die Luft zusammengedrückt (durch Zusammendrückung gespannt) und wieder frei gelassen, so stößt sie alle Gegenstände, die sie überwältigen kann, von sich; wird sie ausgedehnt (durch Ausdehnung gespannt) und wieder frei gelassen, so zieht sie alle Gegenstände, die sie überwältigen kann, an sich. Dasselbe finden wir auch bei vielen festen Körpern, z. B. bei einer Drahtfeder mit gleichen Windungen (Fig. 1); denn diese äußert, wie die Luft, zusammengedrückt ein Bestreben sich auszudehnen, und ausgedehnt ein Bestreben sich zusammenzuziehen. Der Griechen Theorie von der Luft scheint daher vollkommen der Natur gemäß zu sein. Dennoch wird sie von den Neuern verworfen. Der Unterschied der griechischen und neuern Theorie besteht aber vornehmlich darin, daß die Neuern der Luft bloß die abstoßende Spannkraft beilegen, und alle Erscheinungen, welche die Griechen der anziehenden Spannkraft zuschreiben, durch den Druck der Atmosphäre erklären. Nun behaupte ich aber, daß es gar keinen Druck der Atmosphäre giebt, und beweise es auf folgende Art:

1) So wie Wasser in Wasser kein Gewicht hat, so wird auch Luft in Luft kein Gewicht haben. Ohne Gewicht giebt es aber keine Neigung nach unten, und ohne Neigung nach unten wieder keinen Druck.

2) Den Berechnungen unserer Mathematiker zufolge, beträgt der Druck der Atmosphäre auf einen Quadratfuß 2240 Pfund, auf einen Quadratzoll 15⅝ Pfund. Daß aber diese Last nicht mit wiege, sagen sie, komme daher, weil die Atmosphäre von unten eben so stark aufwärts drücke, als von oben abwärts. — Wenn also eine Vorrichtung zu erfinden wäre, bei welcher der Druck der Atmosphäre, von unten oder oben, ohne Luftverdünnung aufgehoben werden könnte, so müßte dadurch Entscheidung zu erhalten sein. Doch eine solche Vorrichtung zu erfinden, ist gar

Digitized by Google

leicht. Man verfertige zwei unten verschlossene Röhren. Die Weite der einen Röhre betrage einen Quadratzoll, der andern, einen Quadratfuß. Beide Röhren stelle man aufrecht, und verbinde sie unten durch eine Querröhre. Ferner verfertige man für die enge Röhre einen genau anschließenden Stempel von Blei, der so lang sein muß, daß er 5 Pfund wiegt; für die weite Röhre aber verfertige man einen genau anschließenden Stempel von leichtem Holze, der nur 1 Pfund wiegt. Wenn dies geschehen, senke man beide Stempel in ihre Röhren so weit hinab, daß sie nicht mehr über die Mündungen derselben hervorragen, und halte sie so fest. Hierdurch wird, wie Jeder leicht sieht, der Druck der Atmosphäre von unten gänzlich aufgehoben, und es muß folglich nun die Last der Luftsäule von oben wie jede andere Last auf die Stempel wirken. Wenn wir daher beide Stempel zugleich los lassen, so wird der hölzerne mit einer Kraft von 2241 Pfunden niederfallen, die Luft in den Röhren verdichten, und so den bleiernen Stempel, welcher mit der Luftlast zusammen nur 205 Pfund wiegt, herausschleudern. Allein von dem allen geschieht nichts; im Gegentheil wird der große Stempel vom kleinen herausgeworfen. Der Druck der Atmosphäre ist also eine Fabel, und zwar eine so äußerst schlechte, daß nicht einmal die allergewöhnlichsten Erscheinungen dadurch zu erklären sind. Nachstehende beiden Sätze werden dies beweisen:

1) Wie wir oben gesehen, bleibt ein leichtes Gefäß, aus welchem man die Luft ausgesogen, an den Lippen hängen; ebenso bleibt auch, durch Auspumpen der Luft, eine hohle Halbkugel an der andern hängen. Eine solche zusammenhaltende Kugel hänge man nun in einem luftdicht verschlossenen Kasten auf, und belaste die untere Halbkugel mit einem Gewichte von etwa 90 Pfunden. Der Druck der Luft auf die Kugel, wenn sie zusammenhalten soll, muß also wenigstens 100 Pfund betragen, und da die Atmosphäre nicht mehr darauf wirken kann, die Kugel aber demohngeachtet nicht aus einander fällt; so ist klar, daß es die im Kasten eingeschlossene Luft sein müsse, die diesen Druck verursacht. Doch der Druck der im Kasten ein-

Digitized by Google

geschlossenen Luft kann, da sie selber keinen Druck erleidet, nicht größer sein, als ihr eigenes (specifisches) Gewicht; und das beträgt kaum keine 100 Pfund.

2) Man nehme eine große Flasche, gieße einiges Wasser hinein, und verstopfe die Mündung derselben vermittelst eines Stöpsels, in welchen man ein Loch gebohrt hat. Ferner nehme man eine Glasröhre, stecke einen Drath hindurch, umwinde das durchgesteckte Ende des Drathes mit Flachs, und zwar so daß dieser Pflock, mit Öhl getränkt, in der Glasröhre als Kolben dienen kann; hierauf lasse man die Glasröhre durch das Loch des Stöpsels bis unten ins Wasser hinab, und verkitte alles vollkommen luftdicht. Ziehen wir nun, vermittelst des herausreichenden Drathes, den Pflock aufwärts durch die Röhre, so steigt das Wasser nach. Die Ursache dieses Steigens kann aber weder die atmosphärische Luft, noch die in der Flasche sein; denn erstere hat nirgends einen Zugang, und letztere wird durch die Verminderung des Wassers verdünnt, und kann folglich keinen Druck verursachen. Dasselbe gilt auch von den Saugpumpen, wenn sie in bedeckten Brunnen stehen. — Will man ferner offenbare Ungereimtheiten als Beweise gegen den Druck der Atmosphäre gelten lassen, so können folgende Beispiele dazu dienen:

1) Der Körper eines ausgewachsenen Menschen, heißt es, wird von einer Luftlast von 40000 Pfunden umdrückt. — Da nun der menschliche Körper aus zartem Fleische und mürben Knochen besteht, so ist es schon wunderbar, daß er von den 40000 Pfunden nicht zerquetscht wird; am wunderbarsten aber, daß diese ungeheure Last so überaus leicht ist, daß Niemand etwas davon merkt.

2) Das Quecksilber, heißt es weiter, wird in der Barometerröhre, da es über sich eine vollkommene Leere hat, bloß von der atmosphärischen Luft empor gehalten. — Nun ist aber die Luft eine Flüssigkeit, und wenn ein Körper von einer Flüssigkeit empor gehalten wird, so nennt man das schwimmen. Folglich schwimmt Quecksilber auf Luft; also die schwerere Flüssigkeit auf der tausendmal leichtern.

Will man sich praktisch überzeugen, daß die Atmosphäre nicht die Ursache von dem Stehenbleiben des Quecksilbers in der Barometerröhre sein könne, so braucht

Digitized by Google

braucht man nur die Mündung des kleinen Fläschchen mit dem Finger zuzuhalten. Denn da hierdurch die Wirkung der äußern Luft auf das Queckſilber aufgehoben wird, die Luft im Fläſchchen aber unverdichtet, folglich ohne abſtoßende Kraft iſt; ſo müßte nothwendig, bei zugehaltener Mündung, das Queckſilber ſo lange in das Fläſchchen herabſinken, bis die in demſelben eingeſchloſſene Luft eine widerſtandfähige Verdichtung erhalten hätte. Aber das geſchieht nicht. — Faſt eben ſo leicht kann man ſich praktiſch überzeugen, daß der Raum über dem Queckſilber nicht leer, ſondern mit Luft angefüllt ſei. Man braucht nemlich nur glühenden Sand in einen Beutel zu thun, und den oberen Theil des Barometers damit zu bedecken, worauf das Queckſilber ſogleich ſehr tief herabſinkt. Der Raum über dem Queckſilber kann alſo nicht leer ſein, denn auf einen leeren Raum würde die Erhitzung ganz ohne Wirkung bleiben.

Mich dünkt, die Erſcheinungen am Barometer müßten etwa ſo erklärt werden: Beim Füllen des Barometers bleibt zwiſchen dem Queckſilber und der Röhre, da beider Oberflächen ſich nicht in allen Punkten berühren, einige Luft zurück; dieſe Luft wird, wenn das Barometer aufgerichtet worden, durch die Laſt der Queckſilberſäule ausgedehnt (verdünnt), und bekommt dadurch eine anziehende Spannkraft, die mit der Ausdehnung in gleichem Verhältniſſe zunimmt. Es erhält aber die Luft ihre Ausdehnung, indem ſie ſogleich wieder den Raum erfüllt, welchen das ſinkende Queckſilber verläßt, und dieſen verlaſſenen Raum erfüllt ſie ſogleich wieder, weil die Natur keine gehäufte Leere geſtattet; denn beſtände dieſes Naturgeſetz nicht, ſo würde die zurückgebliebene Luft ſammt dem Queckſilber herabfallen. Es hängt alſo die Queckſilberſäule an der geſpannten Luft, wie eine Laſt an einer Drathfeder, d. h. das Queckſilber wird durch ſeine eigenthümliche Schwere abwärts, durch die Kraft der Luft hingegen aufwärts gezogen; es ſinkt folglich ſo lange, bis ſeine Laſt und die Kraft der Luft einander gleich geworden ſind. Im Zuſtande der Ruhe hat alſo das Queckſilber gar kein Gewicht; denn hätte es noch ein Gewicht, ſänke es auch noch tiefer. Nun ſteht aber das Queckſilber des Barometers auch mit der atmoſ-



Digitized by Google

phärischen Luft in Berührung, und da die Last eines Körpers in einer leichtern Flüssigkeit größer, in einer schwerern geringer ist, so wird auch die Last der Quecksilbersäule in leichterer Luft größer und in schwererer Luft geringer sein. *) Jedesmal also, wenn die atmosphärische Luft leichter wird, muß das Quecksilber sinken, wenn sie schwerer wird, steigen; denn im ersten Fall erlangt die Last der Quecksilbersäule die Übermacht, im zweiten Fall, die Kraft der eingeschlossenen Luft. Aber — wird man sagen — wenn die obigen Erklärungen richtig sind, so muß ja eine lastragende Drathfeder ebenfalls ein Barometer sein! — Das ist sie auch. Denn nehmen wir eine Feder wie Fig. 1, befestigen sie oben an irgend ein Gestell, und hängen unten eine Zinnplatte oder sonst eine Last daran, deren Schwere mit der Stärke der Feder im Verhältnisse steht, so steigt und fällt die Zinnplatte wie das Quecksilber, wenn die Atmosphäre eine Veränderung erleidet. Will man sich augenblicklich von diesem Steigen und Fallen überzeugen, so darf man nur ein solches Drathbarometer unter die Glocke einer Luftpumpe setzen, und hierauf die Luft auspumpen und wieder zulassen.

Nachdem nun dieses erörtert worden, so wollen wir zu den Lehrsätzen selbst übergehen, und mit den Hebern und Pumpen, da sie die Hauptbestandtheile sehr vieler pneumatischer Vorrichtungen sind, den Anfang machen.

## Der gebogene Heber.

Heron. Spirital. p. 152 et 159.

Es sei die Röhre a b c (Fig. 2) der gebogene Heber, und es stehe dessen Schenkel a b in einem Gefäße d e, welches bis zur geraden Linie f g h mit Wasser

*) Nach der Lehre der Griechen kann die Luft auf zweierlei Art leichter oder schwerer sein; erstens, durch Verdünnung oder Verdichtung; zweitens, wenn sie entweder mit feurigen, wässerigen, oder erdigen Theilen vermischt ist. Auf das Barometer aber wirkt die durch Vermischung leichtere Luft eben so, wie die durch Verdünnung leichtere. Es könnten daher die Griechen wohl Recht haben, wenn sie annehmen, daß die Luft in den höheren Gegenden des Dunstkreises nicht durch Verdünnung, sondern durch Vermischung leichter sei; denn die Beweise der Neuern vom Gegentheil gründen sich vornehmlich bloß auf den Druck der Atmosphäre.

Digitized by Google

angefüllt ist. Das Wasser wird daher im Schenkel a b eben so hoch stehen. Demnach ist der Theil des Hebers a g mit Wasser, und der Theil desselben g b c mit Luft angefüllt. — Wenn wir nun mit dem Munde die Luft durch die Mündung c an uns saugen, so wird die Feuchtigkeit, um die durch das Saugen entstandene Ausleerung zu ersetzen, nachfolgen; indem — wie bereits erklärt worden — ein Naturgesetz besteht, nach welchem keine gehäufte Leere Statt finden kann. Ist aber, durch die Füllung des Hebers, das Wasser im Gefäße bis zu k l m herabgesunken, und die Mündung c steht mit der Oberfläche des Wassers k l m in gleicher Höhe, so wird der Heber nicht fließen, obgleich er bis zur Mündung c angefüllt ist, sondern das Wasser wird in dem Theile des Hebers b c hängen bleiben, als wenn es mit dem Wasser in dem Theile b l das Gleichgewicht einer Waage hätte. Ist aber der äußere Schenkel um das Stück c n länger, so wird der Heber fließen, weil die Mündung n unter der Oberfläche des im Gefäße enthaltenen Wassers steht, und dadurch das Wasser in dem Theile des Hebers b n das Übergewicht erhält. Ist jedoch das Wasser im Gefäße so tief gesunken, daß es mit der Mündung n eine gerade Linie bildet, so hört der Heber von neuem zu fließen auf, und der erste Fall tritt wieder ein. Hat endlich der äußere Schenkel die Länge von b p, so wird der Heber nicht ehne zu fließen aufhören, als bis die Oberfläche des im Gefäße enthaltenen Wassers die Mündung a erreicht hat. — Will man den Heber nicht mit dem Munde ansaugen, so versehe man den äußern Schenkel unten mit einer männlichen Schraube, nehme dann ein kleines Gefäß a b (Fig. 3), das etwas mehr Feuchtigkeit faßt als der Heber, und welches oben eine weibliche Schraube und unten einen Hahn hat, aber auch bloß eine Öffnung, die man mit dem Finger zuhält. Soll nun der Heber fließen, so füllt man dies kleine Gefäß mit derjenigen Feuchtigkeit an, welche abgezogen werden soll, schraubt es an den Heber fest, und öffnet unten den Hahn. Ist der Heber im Fluße, nimmt man es wieder ab. — Jetzt wollen wir auch die am Heber wahrgenommenen Erscheinungen erklären.

Jede ununterbrochene zur Ruhe gekommene tropfbare Flüssigkeit nimmt die Oberfläche einer Kugel an, deren Mittelpunkt auch der Mittelpunkt der Erde ist; die nicht ruhende Flüssigkeit aber fließt so lange, bis ihre Oberfläche die eben genannte Kugelgestalt erreicht hat. Wenn wir jedoch vorhin den Durchschnitt der Oberfläche des im Gefäße d e (Fig. 2) enthaltenen Wassers als eine gerade Linie betrachteten, so geschah dies, weil der Durchschnitt jener Oberfläche aus dem großen, um die ganze Erde reichenden, Kreise nur ein unendlich kleines Stückchen ist, und also seine Wölbung keine Berücksichtigung verdient. Wir werden daher auch in der Folge noch die Durchschnitte kleiner Oberflächen als gerade wagrechte Linien betrachten. Stellen wir nun zwei Gefäße neben einander, gießen in beide Wasser, und nehmen einen Heber mit gleichen Schenkeln, füllen diesen ebenfalls mit Wasser, halten die beiden Mündungen mit den Fingern zu, und setzen den einen Schenkel in dieses, den andern in jenes Gefäß, so wird das Wasser beider Gefäße durch den Heber ein ununterbrochenes werden sein, und daher dasselbe erfolgen, als wenn die beiden Gefäße unten durch eine Querröhre verbunden wären. War nun die Oberfläche des Wassers in beiden Gefäßen schon dieselbe, so wird alles in Ruhe bleiben; steht aber das Wasser in dem einen Gefäße höher als in dem andern, so wird das höher stehende Wasser durch den Heber so lange zu dem niedriger stehenden hinüberfließen, bis eine gleiche Oberfläche in beiden Gefäßen entstanden ist. Ziehen wir jetzt den Heber aus den Gefäßen gerade in die Höhe, so bleibt das Wasser so lange darin hängen, als seine beiden Mündungen auf einer wagrechten Linie stehen. Dies findet auch Statt, wenn der eine Schenkel viel weiter ist, und also beträchtlich mehr Wasser als der andere enthält. Die Ursache, warum das Wasser hängen bleibt, ist daher nicht die Gleichheit der Menge desselben in beiden Schenkeln, sondern weil das Wasser im Heber ein ununterbrochenes ist, und daher bei gleicher Oberfläche (wenn auch diese Oberfläche, wie hier, nach unten gekehrt ist,) in Ruhe bleibt; woraus denn folgt, daß das wenige Wasser in einer engen Röhre dem vielen in einer weiten Röhre das Gleichgewicht hält. Warum fällt aber das Wasser, vermöge seiner eigenthümlichen Schwere,

Digitized by Google

nicht aus beiden Schenkeln zugleich heraus, da es doch leichtere Luft unter sich hat? Darum nicht, weil das Wasser, wenn es herausstürzte, sich oben im Heber theilen müßte, und dadurch eine gehäufte Leere entstehen würde, die in der Natur nicht möglich ist. Es wird aber sogleich herausstürzen, wenn wir den Heber oben durchbohren, indem nun die entstandene Ausleerung durch Luft ersetzt werden kann. Das Fließen des Hebers sowohl, als auch das Stillstehen desselben, gründet sich demnach darauf, daß das Wasser im äußern Schenkel mit dem Wasser im Gefäße ein ununterbrochenes ist, und daher eine gleiche Oberfläche zu erlangen strebt, die es aber nicht erreichen kann, sobald die Mündung des äußern Schenkels tiefer als der Boden des Gefäßes steht, daher es in diesem Falle gänzlich ausläuft. Ist aber der äußere Schenkel kürzer, so erreicht es diese gleiche Oberfläche, und der Heber hört zu fließen auf; denn daß die Oberfläche des Wassers im Gefäße aufwärts, und die Oberfläche des Wassers im äußern Schenkel abwärts gekehrt ist, verändert nichts.

## Der gerade Heber (μέσος πνευτικὸς διαβήτης).

Heron. Spirital. p. 156 et 167.

Es sei a b (Fig. 4) ein Gefäß mit Wasser, und c d eine an beiden Enden offene Röhre, welche oben bis nahe an den Hals des Gefäßes geht, unten aber durch den Boden desselben durchreicht. Diese Röhre werde von einer andern oben verschlossenen Röhre e f umgeben, und zwar in der Art, daß sie von c d auf allen Seiten gleich weit absteht. Das verschlossene Ende dieser Röhre sei nur wenig über die Mündung c erhaben, und ihr offenes Ende stehe ebenfalls nur so weit vom Boden des Gefäßes ab, als zur freien Bewegung des Wassers hinlänglich ist; in dieser Stellung aber werde die Röhre e f durch einige Stifte erhalten. — Wenn wir nun mit dem Munde die Luft durch die Mündung d an uns saugen, so wird das Wasser, die Ausleerung ersetzend, in der Röhre e f empor steigen, bis es die Mündung c erreicht hat, und dann zum Flusse kommen. Da aber die Mündung d tiefer steht

Digitized by Google

als der Boden des Gefäßes a b, so kann das im Gefäße enthaltene Wasser niemals eine gleiche Oberfläche mit dem im Heber erlangen, und es wird daher gänzlich auslaufen. — Will man den Heber nicht mit dem Munde ansaugen, so gießt man so viel Wasser in das Gefäß a b, daß dessen Oberfläche die Mündung c erreicht; denn da das Wasser in der Röhre e f eben so hoch steigt, so wird der Heber dadurch zum Flusse kommen, und das im Gefäße enthaltene Wasser wiederum gänzlich auslaufen. — Man kann sich auch zu gleichem Zwecke, statt des geraden Hebers, des gebogenen bedienen, wenn man nemlich den längern Schenkel a b (Fig. 5) in den durchbohrten Boden des Gefäßes befestige.

## Der unterbrochene Heber.

Heron. Spirital. p. 203 et 164.

Es sei a b (Fig. 6) ein Gefäß von beliebiger Gestalt, und c d der Deckel desselben. Dieser Deckel habe zwei Löcher, in welche die beiden abgesonderten Schenkel des Hebers e f und g h k so eingesetzt sind, daß der kürzere Schenkel e f nur so weit vom Boden des Gefäßes a b entfernt ist, als zur freien Bewegung des Wassers hinreicht, der längere Schenkel hingegen unten bei h in Gestalt eines offenen Hahnes nach außen geht. Über die obern Mündungen der beiden Schenkel werde aber ein gläserner Aufsatz l m gestellt, und am Rande luftdicht verkittet. Gefüllt wird endlich das Gefäß a b durch irgend eine Öffnung n des Deckels. — Wenn wir nun mit dem Munde die Luft durch die Mündung k an uns saugen, so wird das Wasser, um die in dem Aufsatze durch das Saugen entstandene Auslerung zu ersetzen, in dem Schenkel e f empor steigen, die Mündung g erreichen, und dann zum Flusse kommen. Denn obgleich die verdünnte Luft auf beide Schenkel gleich stark anziehend wirkt, so ist doch die Last des Wassers im längern Schenkel größer als die im kürzern; die Wasserlast des längern Schenkels wird daher die Kraft der Luft, und die Kraft der Luft wieder die Wasserlast des kürzern Schenkels über-

Digitized by Google

winden; folglich der Heber so lange fließen, als noch Feuchtigkeit im Gefäße a b enthalten ist. — Versieht man den kürzern Schenkel oben mit einem eng zulaufenden Röhrchen a b (Fig. 7), so entsteht dadurch ein kleiner Springbrunnen, den man lange oder auch beständig unterhalten kann, je nachdem man das ausgelaufene Wasser durch Zugießen ersetzt, oder einen immer fließenden Hahn in die Öffnung n leitet.

## Der Schöpfheber.

Heron. Spirital. p. 160 et 161.

Es sei a b (Fig. 8) eine kleine hohle Kugel von Erz (χαλκὸς), *) deren unterer Theil, wie ein Sieb, mit vielen kleinen Löchern versehen ist, und welche oben eine Öffnung hat, worin die an beiden Enden offene Röhre c d eingelöthet steht. — Will man nun mit diesem Heber Wein schöpfen, so ergreift man die Röhre c d an der obern Mündung, und läßt die kleine Kugel in den Wein hinab, welcher durch das Sieb eindringt, und die Luft durch die Röhre c d ausstößt. Bedeckt man hierauf die Mündung d mit dem Finger, und zieht den Heber herauf, so wird der Wein, obgleich die kleine Kugel unten durchlöchert ist, nicht auslaufen, weil die Ausleerung nicht durch Luft ersetzt werden kann. Wenn wir daher den geschöpften Wein einschenken wollen, so nehmen wir den Finger von der Mündung d weg, wo sodann der Raum, den der Wein verläßt, sogleich wieder mit Luft erfüllt wird.

Es ist auch auf gleiche Weise ein doppelter Schöpfheber zu bereiten möglich, mit welchem wir nach Belieben warmes oder kaltes Wasser, oder sonst zwei verschiedene Feuchtigkeiten, einschenken können. Es sei, wie zuvor, a b (Fig. 9) eine kleine hohle, unten durchlöcherte Kugel, und sie habe oben gleichfalls eine Röhre c d.

*) Bei den Griechen heißt χαλκὸς im Allgemeinen so viel als klingendes Metall, denn sie begreifen darunter Kupfer, Eisen, Messing u. s. w. Dieselbe Bedeutung lege ich auch dem Worte Erz bei.

Digitized by Google

Die Kugel a b werde aber durch die Scheidewand e f in zwei Halbkugeln getheilt, und es hänge mit der Scheidewand e f eine andere Scheidewand f t zusammen, welche die Röhre c d der Länge nach durchschneidet. Ferner sei die Röhre c d oben bei t verschlossen, und es habe jede Abtheilung derselben ein Luftloch, die eine bei h, die andere bei k. — Wenn wir nun warmes Wasser schöpfen wollen, ergreifen wir die beiden Luftlöcher h und k, lassen die Kugel in das warme Wasser hinab, und öffnen eins der Luftlöcher h; ist die Halbkugel a e f gefüllt, verschließen wir das Luftloch h, nehmen den Heber heraus, und tauchen ihn in das kalte Wasser, öffnen das Luftloch k, und wenn die Halbkugel b e f gefüllt ist, verschließen wir es wieder. Wollen wir nun warmes Wasser einschenken, so öffnen wir das Luftloch h, soll es kaltes sein, das Luftloch k, wird eine Mischung verlangt, alle beide Luftlöcher.

## Die Luftpumpe.

Hecon. Spirital. p. 164, 165 et 228.

Man bedient sich der Luftpumpe zu zweierlei Zwecken; erstlich, zur Bereitung des Windes, wie bei der Wasserorgel, in welcher Anwendung sie den Namen eherne s Gebläse (φυσᾶ χαλκή) erhält; zweitens, zur Verdichtung oder Verdünnung der Luft in einem verschlossenen Gefäße. Diese letztere Art soll hier beschrieben werden. Es sei a b (Fig. 10) ein eherner Lauf (πυξίς) von mäßiger Weite, inwendig sehr gleich ausgebohrt und geglättet. Bei b habe er einen Boden, in dessen Mitte sich ein rundes Loch c befindet, welches durch eine Gewindklappe d, die sich nach innen öffnet, und deren Verfertigung nachher beschrieben werden soll, verschlossen wird. Unten bei e sei die Seitenwand des Laufes a b durchbohrt, und über dieses Loch ein anderer an beiden Enden offener, jedoch sehr kurzer, eherner Lauf f g an den Lauf a b festgelöthet; das Loch e aber werde durch die Gewindklappe h, die sich nach außen öffnet, verschlossen. Ferner befinde sich in dem Laufe a b ein auf der Drehbank abgerundeter und geglätteter eherner Kolben (ἔμβολον) k, der so

genau

Digitized by Google

genau, doch ohne Zwang, an die innere Oberfläche des Laufes a b anschließen muß, daß keine Luft nebenbei durchzubringen vermag. Zum Verschieben des Kolbens diene aber die, mit einer Handhabe versehene, und oben bei m in den Kolben unbeweglich eingesetzte, eherne Stange m n. Um endlich die Luftpumpe mit dem Gefäße in Verbindung zu setzen, dessen eingeschlossene Luft verdichtet oder verdünnt werden soll, muß sowohl der Lauf a b, als auch der Lauf f g, am Ende mit einer männlichen Schraube, das Gefäß aber mit einer gleichen weiblichen, versehen sein. Soll daher die Luft verdünnt werden, so schrauben wir das Gefäß an den Lauf a b, soll sie verdichtet werden, an den Lauf f g.

Ist demnach das Gefäß zur Luftverdünnung an den Lauf a b festgeschraubt, die Löcher c und e durch die Klappen geschlossen, und wir ziehen nun den Kolben k, vermittelst der Handhabe n, in die Höhe, so wird der Raum welchen der Kolben verläßt — da es keine gehäufte Leere geben kann — sogleich wieder mit Luft erfüllt, und hierdurch eine Verdünnung derselben bewirkt werden. Durch Verdünnung (Ausdehnung) erhält aber die Luft eine anziehende Spannkraft *), und diese anziehende Spannkraft wird immer größer, je mehr die Luftverdünnung zunimmt. Die Wirkungen aber, durch welche sich die Spannkraft der in dem Laufe a b eingeschlossenen Luft äußert, sind, daß sie den aufsteigenden Kolben herabzuziehen strebt, und die Klappe d öffnet, wodurch der Luft des angeschraubten Gefäßes der Eintritt in den Lauf a b bereitet wird, und so Gefäß und Lauf, während des ganzen Kolbenhubes, stets mit gleichmäßig verdünnter Luft angefüllt bleiben. Hören wir auf den Kolben höher zu ziehen, so schließt sich sogleich die Klappe d wieder, denn diese Klappe wird von der verdünnten Luft von allen Seiten gleich stark angezogen, daher ihre Bewegung eben so frei ist, als würde sie gar nicht angezogen. Lassen wir nun, nachdem sich die Klappe d geschlossen, den Kolben wieder herab, so zieht sich

*) Wenn sie nemlich ohne Erhitzung ausgedehnt wird, denn durch Erhitzung bekommt die Luft eine abstoßende Spannkraft.



Digitized by Google

die im Laufe a b befindliche Luft zu ihrer natürlichen Dichtigkeit zusammen, und setzen wir das Niederdrücken des Kolbens weiter fort, so wird diese Luft noch mehr verdichtet, erhält dadurch eine abstoßende Spannkraft, vermöge welcher sie die Klappe h aufstößt, und dann durch das Loch e ins Freie flieht; doch bleibt immer noch einige Luft im Laufe a b unter dem Kolben zurück. Da nun die im Gefäße eingeschlossene verdünnte Luft die Klappe d fest an sich saugt — indem von oben nicht mehr eine gleiche Gegenwirkung darauf Statt findet — so wird, wenn wir den Kolben von neuem aufwärts ziehen, die Klappe d sich nicht eher öffnen, als bis die im Laufe a b unter dem Kolben zurückgebliebene Luft eine größere Verdünnung, und folglich auch eine größere Spannkraft, als die im Gefäße erreicht hat. Hieraus geht hervor, daß wir nach vielen Kolbenhüben endlich einmal dahin gelangen müssen, daß sich die Klappe d gar nicht mehr öffnet; nemlich, wenn die unter dem Kolben zurückgebliebene Luft so ausgedehnt worden, daß sie den ganzen Lauf a b anfüllt, und doch dadurch noch nicht eine überwiegende Kraft über die im Gefäße eingeschlossene erlangt. Dies ist alsdann der höchste Grad der Verdünnung, welcher mit der gebrauchten Luftpumpe zu bewirken ist; indem es beweist, daß die Luft im Gefäße eben so stark verdünnt sein müsse, als die im Laufe; daher denn auch das Öffnen der Klappe durch irgend einen Mechanismus zu nichts helfen würde. Wäre aber der Lauf a b länger, und also der Kolbenhub beträchtlich größer, so würde auch die Verdünnung noch weiter zu treiben sein. — Die Verdichtung der Luft geschieht auf dieselbe Weise; denn beim Aufzuge des Kolbens füllt sich ebenfalls der Lauf a b durch das Loch c mit Luft, und beim Niederstoßen des Kolbens entweicht sie wieder durch das Loch e. Nur füllt sich der Lauf a b jetzt von außen mit unverdünnter Luft, und diese Luft entflieht nicht durch das Loch e ins Freie, sondern dringt in das an den Lauf f g angeschraubte Gefäß. Dies Gefäß war aber, wie jedes andre Gefäß, schon mit Luft angefüllt; folglich muß die aus dem Laufe a b hineingetriebene Luft eine Verdichtung derselben bewirken, und diese verdichtete Luft wird vermöge ihrer abstoßenden Spannkraft, beim Wiederaufziehen des Kolbens, die Klappe

Digitized by Google

h feſt zudrücken, und ſich dadurch ſelbſt den Rückweg unmöglich machen. Beim zweiten Kolbenſtoße öffnet ſich daher die Klappe h erſt, wenn die Luft im Laufe a b eine größere Verdichtung, und alſo auch eine größere Spannkraft, als die im Gefäße erlangt hat.

Jetzt bleibt uns noch die Verfertigung der Gewindklappen zu beſchreiben übrig. Eine Gewindklappe (ἀσσάριον) aber beſteht aus zwei viereckigen ehernen Platten, deren Breite und Dicke ſich nach der Größe der Pumpe richten. Zu der oben beſchriebenen wird es hinlänglich ſein, wenn wir platten nehmen, die einen Zoll breit, und eine Linie (στάθμη) dick ſind. Dieſe Platten werden zuſammengelegt, und mit Smirgel ſo lange auf einander abgerieben (σμηρίζονται), d. h. geglättet (polirt), bis beider Oberflächen ſich in allen Punkten berühren, und daher weder Luft noch Feuchtigkeit zwiſchen ſie eindringen kann. Es mögen a b c d und e f g h (Fig. 11) dieſe abgeriebene Platten ſein. In der einen e f g h bohre man in der Mitte ein rundes Loch von etwa einem Drittelzoll im Durchmeſſer, und verbinde dann die Seiten beider c d und e f durch ein feines Gewinde, d. h. vermittelſt kleiner Angeln (στροφωματίοις) mit einander, und zwar ſo, daß die geglätteten Oberflächen, wenn die Klappe geſchloſſen iſt, ſehr genau auf einander paſſen. Soll nun ein Luftloch der Pumpe mit einer Gewindklappe verſehen werden, ſo löthet man die Platte mit dem Loche ſo über das Luftloch, daß beide Löcher zuſammentreffen. Erhält die Klappe eine Stellung, daß ſie vermöge ihrer eigenen Schwere auffällt, ſo muß ſie durch eine Feder oder ein Gegengewicht zugehalten werden.

## Die Waſſerpumpe.

Heron. Spirital. p. 180 et 181.

Es ſei wiederum a b (Fig. 12) ein ſehr gleich ausgebohrter eherner Lauf, und c ein auf der Drehbank abgerundeter und genau einpaſſender eherner Kolben. Dieſer



Digitized by Google

Kolben werde aber durch einen Hebel, vermittelst der Stange d e, welche durch ein Gewinde f mit dem Kolben verbunden ist, bewegt. Da nun die Bewegung des Hebels im Kreise geschieht, und also keinen großen Kolbenhub gestattet, die Pumpe aber doch viel Wasser einnehmen soll, so ist klar, daß der Lauf a b nur kurz, aber bedeutend weit sein müsse. Der Boden des Laufes a b habe in der Mitte ein rundes, oben etwas weiter ausgeschweiftes Loch g, in welches die Paukenklappe (τυμπάνιον) h, die sich nach innen öffnet, so eingerieben worden, daß sie weder Luft noch Feuchtigkeit durchläßt. Unten habe diese Klappe einen dünnen Stiel (περόνη), welcher durch einen außerhalb der Pumpe über das Loch g angebrachten Steg geht, und am äußersten Ende mit einem Knopf (κωλυμάτιον) versehen ist, um das weitere Aufsteigen der Klappe zu hemmen. Bei k sei die Seitenwand des Laufes a b durchbohrt, und auswendig über dieses Loch die Röhre l m, welche zur Leitung des Wassers bestimmt ist, an den Lauf a b festgeschraubt oder geldthet; das Loch k aber werde durch die Gewindklappe n, die sich nach außen öffnet, verschlossen.

Steht nun die Pumpe mit ihrem untern Theile im Wasser, und wir ziehen den Kolben c in die Höhe, so wird das Wasser dem Naturgesetze zufolge, nach welchem jede ununterbrochene tropfbare Flüssigkeit eine gleiche Oberfläche zu erlangen strebt, die Klappe h aufheben, und in dem Lauf a b eben so hoch steigen als es außerhalb steht. Sobalb aber der aufwärtsgezogene Kolben sich über die Oberfläche des äußern Wassers erhoben hat, hört die Wirksamkeit jenes Gesetzes auf, und das Wasser folgt nun dem Kolben, weil die Natur keine gehäufte Leere gestattet, die nothwendig entstehen müßte, wenn der Raum, welchen der Kolben verläßt, nicht wieder von Wasser eingenommen würde. Hat der Lauf a b seine bestimmte Füllung erhalten, die Klappe h sich durch ihre eigene Schwere geschlossen, und wir drücken nun den Kolben c wieder herab, so wird das eingeschlossene Wasser, theils durch den Druck des Kolbens, theils um eine gleiche Oberfläche zu erlangen, die Klappe n aufstoßen, und in der Röhre l m empor steigen, und zwar so lange als der Kolben c sich abwärts bewegt. Wenn diese Bewegung aufhört, schließt sich die Klappe n wie-

Digitized by Google

der, und wird beim zweiten Kolbenhube von dem in der Röhre l m über ihr stehenden Wasser fest zugedrückt. Die zweite Kolbensenkung unterscheidet sich von der ersten nur darin, daß, da das Wasser in der Röhre l m bereits höher als in dem Laufe a b steht, das fernere Steigen desselben durch den Druck des Kolbens ganz allein bewirkt wird.

Soll oder kann die Pumpe nicht selbst im Wasser stehen, so verbindet man damit eine an beiden Enden offene Röhre a b (Fig. 13), die bis in das zu erhebende Wasser hinabreicht. Folglich wird, wenn wir den Kolben in die Höhe ziehen, und sich die Bodenklappe geöffnet hat, die in der Röhre a b eingeschlossene Luft, da das Wasser die untere Röhrenmündung verstopft, eine Ausdehnung (Verdünnung) erleiden. Durch Ausdehnung aber erhält die Luft, wie schon gesagt, eine anziehende Spannkraft, und diese anziehende Spannkraft wirkt auf alles anziehend was sie berührt, also auch auf das die Mündung verstopfende Wasser, welches daher so lange in der Röhre a b hinaufsteigen wird, bis seine Last und die Kraft der Luft einander gleich geworden sind. Da jedoch die Last des Wassers immer größer wird, je höher es in der Röhre a b hinaufsteigt, so muß auch die Ausdehnung der Luft, wenn das Wasser die Pumpe erreichen soll, in demselben Verhältnisse zunehmen. Hieraus geht hervor, daß, wenn die Röhre a b lang ist, wir nach vielen Kolbenhüben — wie bei der Luftpumpe — endlich einmal dahin gelangen müssen, daß sich die Bodenklappe gar nicht mehr öffnet; nemlich, wenn die unter dem Kolben zurückgebliebene Luft so ausgedehnt worden, daß sie den ganzen Lauf erfüllt, und ihre dadurch erlangte Spannkraft doch noch nicht die Last der in der Röhre hängenden Wassersäule zu überwältigen vermag. Dies ist alsdann der höchste Stand, auf welchen das Wasser, vermittelst der angewendeten Pumpe, gebracht werden kann. Wäre aber der Lauf der Pumpe länger, und also der Kolbenhub beträchtlich größer, so würde auch das Wasser, da die Saugkraft der Luft unbegrenzt ist, noch höher zu erheben sein. Wenn aber dennoch das Wasser nicht zu jeder Höhe hinaufgesogen werden kann, so komme dies daher, weil eine sehr große Saugkraft die Natur des Wassers verändert, und es

Digitized by Google

in feine luftähnliche Theile auflöst, die als kleine Blasen aufsteigen, und jede durch den Kolbenhub bewirkte Ausleerung sogleich wieder ersetzen. So geschieht es denn auch, daß Wasser, wenn es in einem verschlossenen Gefäße steht, durch anhaltendes Auspumpen der Luft ganz ausgetrocknet, d. h. als ein luftartiger Stoff mit der Pumpe ausgesogen werden kann.

## Die magische Gießkanne.

Heron. Spirital. p. 163, 175 et 176.

Es sei a b (Fig. 14) die besagte Kanne, und c d ein siebartig durchlöchertes Blech, welches den Hals derselben unten verschließt. Mit diesem Bleche hänge die Scheidewand e f zusammen, welche die Kanne der Länge nach in zwei Hälften theilt. Der Henkel, welcher hohl ist, werde ebenfalls durch eine Scheidewand der Länge nach durchschnitten, und jede Abtheilung derselben habe oben ein Luftloch und unten einen Eingang in die Kanne; das Luftloch der einen Abtheilung des Henkels sei g und der Eingang in die Kanne h, das Luftloch der andern Abtheilung sei k und der Eingang in die Kanne l. Ferner habe die Scheidewand e f bei m ein Loch, und die an beiden Enden offene Röhre l m sei in die Löcher m und l so eingesetzt, daß sie von der Abtheilung des Henkels k l eine Fortsetzung ausmacht. — Mit einer so eingerichteten Gießkanne können wir nun, wie es uns beliebt, Wein oder Wasser einschenken. Gefüllt wird sie auf folgende Art: Man hält eins der Luftlöcher g verschlossen, und gießt Wein in den Hals der Kanne, welcher durch die eine Hälfte des Siebes in die Abtheilung b d e f fließt, und die Luft durch m l k ausstößt. Ist diese Abtheilung gefüllt, so verschließt man das Luftloch k, und gießt Wasser in den Hals, wodurch die Abtheilung a c e f gefüllt wird, die Luft aber durch h g entweicht. Wollen wir nun Wein einschenken, so halten wir mit dem Daumen das Luftloch g zu, und neigen die Kanne zum Gusse; soll es Wasser sein,

Digitized by Google

verschließen wir k; wird eine Mischung verlangt, lassen wir beide Luftlöcher offen. — Auf dieselbe Weise läßt sich auch eine Gießkanne bereiten, aus welcher wir drei, vier und noch mehr Arten Getränke einschenken können.

## Das Opfer.

Heron. Spirital. p. 166 et 211.

Es sei a b (Fig. 15) ein von allen Seiten luftdicht verschlossener Kasten, welcher dem hohlen aus dünnem Bleche luftdicht gearbeiteten Altar c d, und dem darauf opfernden Priester zum Fußgestelle dient. Durch die Gestalt des Priesters aber gehe die an beiden Enden offene Röhre g h k, welche oben bei k mit der Opferschale m zusammenhängt, und unten bei g bis nahe auf den Boden des Kastens a b reicht; der Altar hingegen stehe vermittelst der Öffnung n mit dem Innern des Kastens in Verbindung. — Wenn wir nun den Kasten a b durch irgend eine Öffnung p etwa zur Hälfte mit einer geistigen Flüssigkeit füllen, diese Öffnung wieder verstopfen, und dann Feuer auf dem Altar anzünden; so wird die in demselben eingeschlossene Luft erhitzt und verdünnt, ein Theil derselben entweicht durch die Öffnung n in den Kasten a b, verursacht daselbst einen Druck auf die Flüssigkeit, und treibt sie durch die Röhre g h k bis zur Opferschale m hinauf, aus welcher sie sich auf das Feuer ergießt. Ferner kann man auch hinter dem Altar einen Drachen s anbringen, welcher, wenn das Opfer beginnt, zu pfeifen anfängt. Dies wird bewerkstelligt, wenn man in dem Deckel des Kastens a b, unter dem Drachen, ein Loch bohrt, und darin den Schnabel einer kleinen Pfeife befestigt.

## Die sympathetischen Krüge.

Heron. Spirital. p. 168 et 177.

Von zweien Krügen ist der eine voll Wein, der andere leer; so viel Wasser wir in den leeren gießen, so viel Wein fließt aus dem vollen. Die Einrichtung ist diese:

Digitized by Google

Es sei a b (Fig. 16) ein Fußgestell, auf welchem die besagten Krüge c d und e f stehen, deren Hälse unten von den Scheidewänden g h und k l luftdicht verschlossen werden. Durch die Krüge und unter das Gestell weg gehe aber die an beiden Enden offene Röhre m n, und erhebe sich mit ihren Mündungen bis nahe an die Scheidewände. Der Krug c d sei unten mit einem offenen Hahn p versehen, und im Kruge e f befinde sich die an beiden Enden offene Röhre r s, deren untere Mündung bis nahe auf den Boden des Gefäßes reicht, die obere aber durch die Scheidewand k l geht. — Wenn wir nun den Hahn p zuhalten, und den Krug c d durch irgend eine Öffnung t mit Wein füllen, die Öffnung wieder verstopfen, hierauf in den Hals des Kruges e f Wasser gießen, und den Hahn p wieder frei lassen, so wird eben so viel Luft, als Wasser eingegossen wurde, durch die Röhre m n in den Krug c d übergehen, und daselbst so lange einen Druck äußern, bis nicht eine, dem eingegossenen Wasser gleiche Menge Wein durch den offenen Hahn p ausgeflossen ist; und das wird jedesmal geschehen, so oft wir Wasser eingießen.

Man kann aber diese Krüge auch so einrichten, daß beide offene Hähne haben, und der mit Wein gefüllte nicht eher fließt, bis nicht der leere voll Wasser gegossen worden, dann aber beider Inhalt gänzlich ausläuft. Es sei, wie zuvor, a b (Fig. 17) ein Fußgestell, auf welchem die Krüge c d und e f stehen, deren Hälse aber nicht verschlossen sind. In jedem dieser Krüge befinde sich ein gebogener Heber, dessen einer Schenkel nach außen geht; im Kruge c d sei es der Heber g h k, im Kruge e f der Heber l m n. Ferner gehe durch die Krüge und unter das Fußgestell weg, die an beiden Enden offene Röhre p q, deren Mündungen mit den Krümmungen der Heber in gleicher Höhe stehen. — Füllen wir nun einen der Krüge c d so mit Wein, daß die Oberfläche desselben nicht über die Krümmung des Hebers zu stehen kommt, so wird der Heber nicht fließen; gießen wir aber hierauf in den andern Krug e f so viel Wasser, daß sein Heber zum Flusse kommt, so wird auch zugleich einiges Wasser durch die Röhre p q in den Krug c d hinüberfließen, und den Heber desselben ebenfalls zum Flusse bringen.

Der

Digitized by Google

## Der singende Vogel.

Heron. Spirital. p. 168 et 169.

Es sei a b c d (Fig. 18) ein luftdicht verschlossener, und durch die Scheidewand e f in zwei Hälften abgetheilter Kasten, auf welchem ein hohler Stein g liegt, der dem Vogel zum Fußgestelle dient, und abgenommen werden kann. Ferner enthalte der Kasten zwei an beiden Enden offene Röhren h k und l m; die Röhre h k durchdringe oben die Scheidewand e f, und nähere sich unten so viel dem Boden, als es die freie Bewegung des Wassers erlaubt; die Röhre l m hingegen gehe unten durch die Scheidewand, und oben durch den Deckel des Kastens in den hohlen (nachgebildeten) Stein g, und sei daselbst so gebogen, daß sie in das kleine oben offene Gefäß n hineinreicht. In der obern Mündung der Röhre l m stecke aber der Schnabel eines kurzen eintönigen Pfeifchens. — Wollen wir nun daß der Vogel singe, so nehmen wir den Stein mit dem Vogel weg, halten das kleine Pfeifchen zu, füllen die obere Abtheilung des Kastens a b e f durch irgend eine Öffnung p mit Wasser, und verschließen sie dann wieder. Hierauf gießen wir auch in das kleine Gefäß n so viel Wasser, daß die Oberfläche desselben über den Einschnitt des Pfeifchens zu stehen kommt, und bedecken Gefäß und Röhre wieder mit dem Steine. Wird jetzt das Luftloch p geöffnet, so fließt das Wasser durch die Röhre h k in die untere Abtheilung des Kastens, die Luft aber entweicht durch die Röhre l m, und bringt das Pfeifchen zur Ansprache, welches, da dessen Einschnitt unter Wasser steht, den Gesang (das Zwitschern) eines kleinen Vogels sehr täuschend nachahmt.

## Die Vögel und die Eule.

Heron. Spirital. p. 169 et 170.

Auf einem Baume sitzen mehrere kleine Vögel und singen, gegenüber auf einem alten Stamme aber sitzt eine Eule; dreht diese sich zu den Vögeln herum, so schwei-



Digitized by Google

gen sie sogleich, wendet sie sich wieder von ihnen ab, so fangen sie auch wieder zu singen an. Dies wird auf folgende Art bewerkstelligt: Es sei a b c d (Fig. 19) ein großer verschlossener Kasten, in welchem sich ein kleinerer a e f g befindet. Durch den Boden dieses kleinen Kastens gehe der weite gebogene Heber h k, durch seinen Deckel aber der Trichter l m, dessen untere Mündung nur so weit vom Boden entfernt ist, als es die freie Bewegung des Wassers erfordert. Ferner stelle n einen Stein oder Hügel vor, unter welchem sich mehrere Pfeifchen mit ihren gebogenen Röhren befinden, die sämmtlich in dasselbe kleine Wassergefäß führen. Alles sei übrigens auf die schon oben beschriebene Art eingerichtet, nur daß die untern Enden der gebogenen Röhren hier bloß durch den Deckel des Kastens gehen. So viel Vögel auf dem Baume sitzen, so viel Pfeifchen müssen unter dem Steine verborgen sein, die jedoch, der Verschiedenheit des Gesanges wegen, nicht alle gleich tief im Wasser stehen, und die nemliche Weite haben dürfen. — Leiten wir nun in den Trichter l einen immer fließenden Hahn, so wird, während der Kasten a e f g sich mit Wasser füllt, die eingeschlossene Luft durch die kleinen Pfeifchen entweichen, und so der Gesang der Vögel entstehen. Hat aber das Wasser seinen höchsten Stand erreicht, so hören die Pfeifchen zu tönen auf, denn der Heber h k kommt zum Flusse, und der Kasten füllt sich durch das, inwendig mit einer Klappe versehene Loch p von neuem mit Luft an. Hat der Heber zu fließen aufgehört, so fängt der Gesang wieder an. Durch dies Ausfließen des Wassers wird nun die Bewegung der Eule bewirkt, und zwar so: Unter der äußern Mündung des Hebers h k hänge, an einer Schnur oder Kette, das kleine oben offene und mit einem Loche im Boden versehene Gefäß r; die Schnur, an welcher es hängt, gehe erstlich über die Rolle s, sei dann mehrere Male um die runde Stange t u geschlungen, gehe hierauf über eine andere Rolle v, und trage unten das Gewicht x, welches schwerer sein muß als das leere Gefäß, leichter aber als das volle. Die Stange t u aber ruhe bei u mit ihrem zugespitzten Ende auf einer kleinen Unterlage, und gehe oben durch den Deckel des Kastens und den alten Stamm, bis zu den Füßen der Eule, welche daran be-

Digitized by Google

festigt sind. — Ist nun der Heber h k zum Flusse gekommen, so füllt sich das kleine Gefäß r mit einem Theil des ausströmenden Wassers und sinkt, wodurch die Stange t u und die Eule herumgedreht werden; hat aber der Heber zu fließen aufgehört, so leert sich auch das kleine Gefäß, das Gewicht x bekommt die Übermacht, und die Eule wendet sich wieder ab; und dies ereignet sich so oft, als der Heber h k zum Flusse kommt.

## Der unversiegliche Becher.

Heron. Spirital. p. 173.

Es sei a b (Fig. 20) ein großer Krug, c d ein Becher, und e f ein Fußgestell, worauf beide Gefäße stehen. Unter dem Fußgestelle aber befinde sich eine Röhre, von welcher das eine Ende aufwärts durch den Fuß des Kruges, das andere durch den Fuß des Bechers geht, und deren Mündungen h und k sind. Ferner habe der Krug unter dem Bauche eine Scheidewand m n, worin die an beiden Enden offenen Röhren p q und r s befestigt sind. Die Röhre p q gehe oben bis an den Hals des Kruges, und reiche unten so weit durch die Scheidewand, daß ihre Mündung bei p mit dem Rande des Bechers in einer wagrechten Linie steht; die Röhre r s gehe unten eben so tief herab, oben rage jedoch ihre Mündung nicht über die Scheidewand m n empor. Dicht unter dieser Scheidewand habe aber der Krug das Luftloch t. — Soll nun die beschriebene Vorrichtung zum Gebrauche eingerichtet werden, so hält man unten die kleine Röhre r s (durch das Luftloch t) mit dem Finger zu, füllt den Krug a b mit Wein, und verschließt hierauf dessen Mündung, vermittelst eines Stöpsels, vollkommen luftdicht. Nehmen wir jetzt den Finger weg, so wird sogleich der Wein aus s zu fließen anfangen, durch die Röhre h k dringen, und die Ausleerung oben im Kruge durch Luft, welche in der Röhre p q aufsteigt, ersetzt werden. Sobald jedoch der Wein im Becher den Rand er-



Digitized by Google

reicht, erreicht er auch im Kruge die untere Mündung der Röhre p q, worauf die kleine Röhre r s augenblicklich zu fließen aufhört, weil jetzt die Ausleerung, da der Wein die Mündung p verschlossen hält, nicht mehr durch Luft ersetzt werden kann. Schöpft aber Jemand Wein aus dem Becher, so wird die Mündung p dadurch frei, die kleine Röhre r s fließt, und alles füllt sich wieder wie vorher.

## Die Windkugel (aeolipila).

Heron. Spirital. p. 147, 148, 226 et 227. Vitruv. de Architect. lib. 1. cap. 6.

Das Feuer löst alle Körper, die gröber sind als es selbst, nemlich Wasser, Luft und Erde, in feinere Bestandtheile auf; denn der Dampf, welcher aus siedenden Kesseln empor steigt, ist nichts anders als verdünntes Wasser, das, wenn die Verdünnung groß genug ist, der Luft ganz ähnlich wird. So kann der Dampf, durch eine Röhre geleitet, nicht nur als Gebläse zum Anfachen der Kohlen dienen, sondern es können dadurch sogar musikalische Instrumente, wie Pfeifen und Trompeten, zur Ansprache gebracht werden. Am besten läßt sich jedoch die Ähnlichkeit des Dampfes mit der Luft durch die sogenannte Windkugel darthun. Man macht diese Windkugeln aus Erz und hohl. Sie haben ein sehr enges Loch, wodurch man sie (wie die mediciniſchen Eier) mit Wasser füllt, und sie dann an das Feuer stellt. Sobald nun die Wärme sich darin verbreitet, blasen sie einen sehr heftigen Wind aus. Man kann aber eine solche Kugel, statt des bloßen Loches, auch mit einer kurzen, in eine enge Mündung auslaufenden, Röhre a b (Fig. 21) versehen.

## Der trinkende Vogel.

Heron. Spirital. p. 182 et 183.

Es sei a b c d (Fig. 22.) ein luftdicht verschlossenes Gefäß, welches dem Vogel zum Fußgestelle dient, von der Scheidewand e f in der Mitte getheilt wird,

Digitized by Google

und zwei an beiden Enden offene Röhren g h und k l enthält. Die Röhre g h durchdringe oben den Deckel und unten die Scheidewand des Fußgestells, und im Innern dieser Röhre sei ein kleines Pfeifchen verborgen. Die Röhre k l gehe oben durch die Scheidewand, und reiche unten bis nahe auf den Boden. Eine dritte, ebenfalls an beiden Enden offene, Röhre m n gehe endlich durch den Deckel des Fußgestells, den einen Fuß und den Körper des Vogels, bis zur Spitze des Schnabels. — Soll nun diese Vorrichtung zum Gebrauche eingerichtet werden, so verstopft man die Röhrenmündung h, füllt den obern Theil des Fußgestells a b e f durch irgend eine Öffnung s mit Wasser, verstopft diese Öffnung nach geschehener Füllung, öffnet wieder die Röhrenmündung h, und hält sie mit dem Finger verschlossen. Wenn wir jetzt dem Vogel einen vollen Becher vorhalten, und die Mündung h frei lassen, so wird er mit Begierde und schreiend trinken; denn das Öffnen der Mündung h hat zur Folge, daß das Wasser der obern Abtheilung sogleich durch die Röhre k l in die untere Abtheilung dringt, die Luft durch die Röhre g h entweicht, das darin befindliche Pfeifchen zur Ansprache bringt, und die Feuchtigkeit aus dem Becher durch die Röhre n m, als Ersatz der Ausleerung, eingesogen wird. Ist der Becher geleert, halten wir wieder die Mündung h zu, und der Vogel schweigt. Um aber gleichsam den Durst des Vogels anzudeuten, müssen wir schon, wenn der Becher sich nur nähert, durch mehrmaliges Aufheben des Fingers ein abgebrochenes Geschrei bewirken.

## Der magische Wasserkrug.

Heron. Spital. p. 188 et 189.

Es sei a b (Fig. 23) der besagte Krug, und c d eine Scheidewand, die den Hals desselben unten luftdicht verschließt. Durch diese Scheidewand gehe die an beiden Enden offene Röhre e f, dessen untere Mündung nur so weit vom Bo-

Digitized by Google

den absteht, als zur freien Bewegung des Wassers nöthig ist. Ferner befinde sich im Kruge a b ein gebogener Heber g h k, welcher bis nahe an die Scheidewand c d reicht, und dessen längerer Schenkel in Gestalt eines offenen Hahnes k nach außen geht. Dicht unter der Scheidewand habe endlich noch der Krug ein Luftloch m. — Bei einem so eingerichteten Kruge steht es nun in unserer Willkühr, ob das durch den Hals eingegossene Wasser aus dem Hahn k abfließen soll oder nicht; denn lassen wir das Luftloch m offen, so dringt das eingegossene Wasser durch die Röhre e f in den Krug, die Luft entweicht aus m, und der Hahn k fließt erst, wenn der Krug ganz voll ist. Halten wir hingegen das Luftloch m zu, so geht zwar ebenfalls das eingegossene Wasser durch die Röhre e f, füllt aber, da die eingeschlossene Luft Widerstand leistet, nur einen geringen Theil des Kruges, und steigt dann in dem Heber so lange empor, bis dieser zum Flusse kommt. Jedesmal also, wenn wir das Luftloch m zuhalten, wird der Hahn k fließen, es mag schon vorher Wasser eingegossen worden sein oder nicht; ist aber der Hahn einmal im Flusse, und wir öffnen das Luftloch, so wird auch alles im Kruge enthaltene Wasser auslaufen.

## Der Gießbrunnen.

Heron. Spirital. p. 190.

Auf einem von allen Seiten luftdicht verschlossenen Fußgestell a b c d (Fig. 24) befinde sich ein Wasserbecken e f, und daneben stehe ein Satyr, einen Schlauch in den Händen haltend. Das Fußgestell a b c d sei aber in der Mitte durch die Scheidewand g h in zwei Theile getheilt, und die an beiden Enden offenen Röhren k l und m n darin befestigt. Die Röhre k l gehe oben bis nahe an den Deckel, unten reiche sie indessen nur wenig durch die Scheidewand; die Röhre m n hingegen nähere sich unten dem Boden so viel, als es die freie Bewegung des Wassers erlaubt, oben aber durchdringe sie den Deckel selbst, und sei bei m mit dem Wasser-

Digitized by Google

becken e f, dessen Boden durchbohrt ist, zusammengelöthet. Ferner gehe eine andere, ebenfalls an beiden Enden offene, Röhre p r s oben durch den Deckel, den einen Fuß des Satyrs, dessen Leib, und durch den Schlauch, unten aber sei sie von der Scheidewand so weit entfernt, als zum Durchströmen des Wassers erforderlich ist. — Soll nun der Gießbrunnen in Thätigkeit gesetzt werden, so füllt man die obere Abtheilung des Fußgestells a b g h durch irgend eine Öffnung t so weit mit Wasser an, daß dessen Oberfläche beinahe die Röhrenmündung l erreicht, verstopft nach geschehener Füllung die Öffnung t wieder vollkommen luftdicht, und gießt dann auch das Becken e f voll Wasser. Dies Wasser geht aber sogleich durch die Röhre m n in die untere Abtheilung des Fußgestells c d g h, und treibt einen Theil der eingeschlossenen Luft durch die Röhre k l in die obere Abtheilung des Fußgestells, hierdurch entsteht ein Druck auf das in derselben befindliche Wasser, welches, diesem Drucke weichend, in der Röhre p r s empor steigt, und sich bei s in das Becken ergießt. Das in das Becken sich ergießende Wasser bringt aber gleichfalls in die untere Abtheilung des Fußgestells, treibt von neuem Luft in die obere Abtheilung, und diese wieder Wasser durch die Röhre p r s, und so dauert die Bewegung so lange ununterbrochen fort, als noch Wasser in der obern Abtheilung ist. Daß nun die Ausleerung der obern Abtheilung nicht zu bald erfolge, muß die Röhrenmündung s ziemlich eng sein.

## Die Kapelle.

Heron. Spirital. p. 192 et 193.

Auf einem Fußgestell steht eine Kapelle (ναὸς), und vor derselben ein Altar; wird Feuer auf dem Altar angezündet, so öffnen sich die Thürflügel der Kapelle, löscht man das Feuer aus, so schließen sie sich wieder. Die Einrichtung ist folgende: Es sei a b c d (Fig. 25) das besagte Fußgestell, e f die Kapelle, und g h ein aus

Digitized by Google

dünnem Bleche luftdicht gearbeiteter Altar. Durch den Boden des Altars und den Deckel des Fußgestelles gehe die kurze Röhre k, an welcher unten ein kleiner, ebenfalls luftdicht gearbeiteter, und gegen den Deckel zusammengedrückt gehaltener, Schlauch m befestigt ist. Jeder Thürflügel der Kapelle habe ferner oben und unten Gewindhaspen; doch müssen die Bolzen der untern Haspen in denjenigen Gewinden, welche an den Thürflügeln selbst sitzen, unbeweglich eingelöthet, und so lang sein, daß sie durch den Deckel des Fußgestells durchreichen, und die beiden Walzen n und o — welche unten mit ihren zugespitzten Enden auf kleinen Unterlagen laufen — daran oben befestigt werden können. Die Bewegung dieser Walzen aber wird durch zwei Schnüre bewerkstelligt. Die obere Schnur, welche bei m an den Schlauch geknüpft worden, gehe über eine kleine Rolle p, und sei so um die beiden Walzen gewickelt, daß, wenn ihr Ende bei m angezogen wird, sich die Thürflügel öffnen; die untere Schnur sei in entgegengesetzter Ordnung um die Walzen geschlungen, gehe über eine kleine Rolle r, und trage an ihrem Ende das Gewicht s, welches durch seine Schwere die Thürflügel geschlossen hält. — Wenn wir nun Feuer auf dem Altar anzünden, so wird die eingeschlossene Luft erwärmt und verdünnt, ein Theil derselben entweicht durch die Röhre k, und dehnt den Schlauch m in die Länge aus, dieser aber zieht das angeknüpfte Ende der obern Schnur mit sich herab, und bewirkt dadurch das Öffnen der Thürflügel; löschen wir das Feuer aus, so zieht sich die Luft des Altars zusammen, das Gewicht s bekommt die Übermacht, und die Kapelle schließt sich wieder.

## Die Wasserwage (ὑδροσκόπιον).

Synes. Epist. 15.

Es sei a b (Fig. 26) eine Röhre von mäßiger Weite, worauf der Länge nach eine Linie gezogen ist, die von verschiedenen Querlinien durchschnitten wird. Das un-

Digitized by Google

untere Ende der Röhre sei mit einem kleinen hohlen Gefäße c d verbunden, welches das Baryllion (βαρύλλιον) heißt, und die Gestalt eines Kegels hat. — Wird nun das Baryllion ins Wasser gethan, so sinkt es, mit aufrechtstehender Röhre, bis zu einer gewissen Tiefe unter; doch in leichterem Wasser tiefer als in schwererem. Es kann daher an der Röhre, vermittelst der Querlinien, die eigenthümliche Schwere jedes Wassers (oder anderer Flüssigkeiten) erkannt werden.

## Die Maaßkanne.

Heron. Spirital. p. 195 et 196.

Es sei a b (Fig. 27) die besagte Kanne, und c d eine Scheidewand, welche den Hals derselben unten luftdicht verschließt. Eine andere Scheidewand aber durchschneide der Länge nach den hohlen Henkel, und jede Abtheilung desselben habe oben ein Luftloch und unten einen Eingang in die Kanne; das Luftloch der einen Abtheilung des Henkels sei e, und der Eingang in die Kanne f; das Luftloch der andern Abtheilung sei g, und der Eingang in die Kanne h. Ferner befinde sich nahe über dem Boden der Kanne eine kleine hohle Kugel k l, welche dasjenige Maaß faßt, nach welchem eingeschenkt werden soll. Durch die Scheidewand c d aber werde eine enge Röhre m n herabgelassen, die zugleich mit der Kugel k l durchbohrt ist. An der Seite habe die Kugel k l zwei kleine Löcher; das Loch p sei ganz frei, in das Loch r aber werde die an beiden Enden offene Röhre r h so eingesetzt, daß ihre obere Mündung bei h in die Abtheilung des hohlen Henkels h g fährt. Beim Füllen der Kanne wird das Luftloch g mit dem Daumen verschlossen gehalten, und die Flüssigkeit in den Hals gegossen, von wo aus sie sich durch die Röhre m n und das Loch p in den Bauch der Kanne begiebt, die Luft aber durch f e entweicht. — Wenn wir nun einschenken wollen, so verschließen wir auch das Luftloch e, neigen die Kanne zum Gusse, und öffnen das Luftloch g; die in der kleinen Kugel und



Digitized by Google

der Röhre m n enthaltene Flüssigkeit wird daher bei m ausströmen. Verschließen wir wieder das Luftloch g, öffnen e, und richten die Kanne auf, so wird sich die kleine Kugel, und auch ein Theil der Röhre m n, durch das Loch p von neuem füllen, die hierdurch entstandene Ausleerung im Bauche der Kanne aber, vermittelst der Henkelabtheilung f e, durch Luft ersetzt werden. Beim zweiten Einschenken ereignet sich dasselbe wie beim ersten, nur daß allerdings etwas weniger ausfließt, indem die Röhre m n nicht eben so hoch angefüllt war; da aber diese Röhre nur einen geringen Durchmesser hat, so ist dieser Unterschied nicht beachtenswerth.

## Das Ballspiel.

Heron. Spirital. p. 198.

Es sei a b (Fig. 28) ein Kessel mit fest aufgeschraubtem Deckel, aus dessen Mitte sich eine mit ihm durchbohrte, und oben trichterartig sich erweiternde Röhre erhebt, deren Mündung durch einen hineingelegten Ball (oder leichte Kugel) verschlossen wird. — Wenn wir nun den halb mit Wasser gefüllten Kessel auf das Feuer setzen, und das Wasser zu sieden anfängt, sammeln und verdichten sich die aufsteigenden Dämpfe oben im Kessel, werfen den Ball in die Höhe, und ein Theil der Dämpfe entweicht durch die geöffnete Röhre, bis der zurückfallende Ball von neuem den Ausgang verschließt, und das Vorige sich wiederholt.

## Der Dampfkreisel.

Heron. Spirital. p. 202.

Es sei wiederum a b (Fig. 29) ein mit Wasser gefüllter Kessel, und c d sein luftdicht aufgeschraubter Deckel. Bei f sei der Deckel durchbohrt, und darin die ge-

Digitized by Google

bogene, an beiden Enden offene, Röhre f g h festgelöthet, und oben bei h einer kleinen hohlen Kugel x beweglich eingefügt. Der Röhre f g h gegenüber stehe aber ein ihr gleichgebogener Zapfen k l m, welcher mit seiner Spitze bei m, die Kugel hält. Ferner habe die Kugel x noch zwei kleine Röhren n und p welche im Durchmesser mit derselben durchbohrt, und rechtwinklicht gekrümmt sind. — Sobald nun der Kessel auf das Feuer gesetzt worden, und die Dämpfe aus dem siedenden Wasser aufsteigen, werden sie durch die Röhre f g h in die Kugel x gelangen, aus den Mündungen der kleinen gekrümmten Röhren n und p mit Heftigkeit herausfahren, gegen die äußere Luft stoßen, und so, vermöge der Rückwirkung, die Kugel herumdrehen.

## Die Sonnentraufe.

Heron. Spirital. p. 200.

Es sei a b (Fig. 30) ein offenes Gefäß, c d ein daran befestigtes Gestell, und e f eine hohle, auf dem Gestell c d ruhende, und unten mit mehreren kleinen Löchern versehene, gläserne Kugel. In diese Kugel aber gehe die enge gläserne Röhre g h, deren obere Mündung bei h nicht weit vom Scheitelpunkte der Kugel entfernt ist, ihre untere Mündung bei g hingegen bis nahe auf den Boden des Gefäßes a b reicht. — Soll nun diese Vorrichtung in Thätigkeit gesetzt werden, so nehmen wir die Kugel e f von ihrem Gestelle, drehen sie um, und füllen sie durch die Röhrenmündung g etwa bis zur Hälfte mit Wasser an, indem die Luft durch die kleinen Löcher entweicht. Hierauf gießen wir auch einiges Wasser in das Gefäß a b, bedecken die Röhrenmündung g mit dem Finger, drehen die Kugel wieder um, legen sie auf ihr Gestell, und wenn die Mündung g unter Wasser steht, nehmen wir den Finger weg. Die kleinen Löcher der Kugel werden folglich, da das Wasser des Gefäßes a b die Röhrenmündung g verstopft, keine Feuchtigkeit durchlassen; stellen wir



Digitized by Google

aber die Kugel in die Sonne, so wird die Hitze derselben die eingeschlossene Luft verdünnen, das Wasser hierauf durch die kleinen Löcher dringen, und tropfenweise in das Gefäß a b herabfallen. Tritt jedoch die Sonne hinter eine Wolke, so hört das Träufeln auf, und die sich zusammenziehende Luft saugt das ausgelaufene Wasser durch die Röhre g h wieder an sich. Bricht die Sonne von neuem hervor, so beginnt auch das Träufeln wieder.

## Die Wassersauge.

Heron. Spirital. p. 204. et 205.

Es sei a b c d (Fig. 31) ein von allen Seiten luftdicht verschlossenes Gefäß, e f eine Scheidewand, welche das Gefäß in zwei gleiche Theile theilt, und g h ein weiter gläserner Lauf, der oben verschlossen, unten aber offen und mit dem Deckel a b luftdicht zusammengekittet ist. Durch den Deckel und die Scheidewand gehe die an beiden Enden offene Röhre k l, und reiche oben bis nahe an das Dach des Laufes, unten aber dringe sie nur wenig durch die Scheidewand. Eine zweite an beiden Enden offene Röhre m n führe ebenfalls in den Lauf, und nähere sich unten der Scheidewand so viel, als es die freie Bewegung des Wassers erlaubt. Ferner diene zur Füllung der untern Abtheilung des Gefäßes c d e f die Röhre r s, welche durch den Deckel und die Scheidewand bis nahe auf den Boden geht, während die Luft durch die beiden Röhren l k, und n m und das Luftloch q entweicht, welches auch zugleich zur Füllung der obern Abtheilung des Gefäßes a b e f bestimmt ist. Endlich habe noch die untere Abtheilung dicht am Boden den Hahn p. — Sind nun beide Abtheilungen des Gefäßes gefüllt, und wir öffnen den Hahn p, so wird die Luft aus dem Laufe sich durch die Röhre k l in den vom Wasser verlassenen Raum der untern Abtheilung begeben; die Ausleerung der Luft im Laufe aber vom Wasser der obern Abtheilung ersetzt werden, welches durch die Röhre m n

Digitized by Google

in den Lauf bringt, und so lange darin emporsteigt, als der Hahn p im Flusse bleibt. Hat aber dieser zu fließen aufgehört, so wird das emporgestiegene Wasser wieder in die obere Abtheilung zurücktreten, indem die Luft durch den Hahn p und die Röhre l k zum Ersatze eindringt.

## Der Schröpfkopf ohne Feuer.

Heron. Spirital. p. 207 et 208.

Es sei a b c d (Fig. 32) ein gewöhnlicher Schröpfkopf, versehen aber mit einer Scheidewand e f, und zwei Hähnen g und h; der Hahn g befinde sich am Boden, der Hahn h an der Seite, dicht unter der Scheidewand, mit welcher er bei k gemeinschaftlich durchbohrt ist. — Um nun dem Schröpfkopfe die anziehende Kraft mitzutheilen, müssen wir mit dem Munde, und zwar zu wiederholten Malen, durch den Hahn g so viel Luft als nöthig heraussaugen. Wenn hierauf der Schröpfkopf, wie es gebräuchlich ist, an das Fleisch gesetzt und der Hahn h geöffnet worden, so tritt ein Theil der in der obern Abtheilung a b e f befindlichen Luft durch die Öffnung k in die untere Abtheilung c d e f, und bringt die bezweckte Wirkung hervor.

## Die Wasserschlange.

Vitruv. de Architect. lib. 10. cap. 12.

Es sei a b (Fig. 33) ein gläsernes ganz mit Wasser angefülltes Gefäß, dessen Hals mit einer Blase fest zugebunden ist. In diesem Gefäße und dem Wasser befinde sich eine kleine gewundene, aus farbigem Glase hohl geblasene, und mit Luft

Digitized by Google

erfüllte Schlange c d, *) die unten bei c ein kleines Loch hat, und deren Gewicht, zusammen mit der eingeschlossenen Luft, etwas leichter als Wasser ist. — Drücken wir nun mit dem Finger auf die Blase, so dringt das Wasser, da es nirgends ausweichen kann, durch das kleine Loch c in die Schlange, und drückt die in derselben befindliche Luft zusammen. Dies vermehrt das Gewicht der Schlange, und sie sinkt nieder. Nehmen wir aber den Finger von der Blase weg, so treibt die verdichtete Luft das eingedrungene Wasser wieder mit Heftigkeit heraus, wodurch der Schlange zugleich eine steigende und drehende Bewegung mitgetheilt wird; die steigende Bewegung entsteht, weil die Schlange leichter geworden; die drehende, weil das ausgetriebene Wasser gegen das die Schlange umgebende stößt, und eine Rückwirkung verursacht.

## Die Gewichtschenke.

Heron. Spirital. p. 215.

Es sei a b (Fig. 34) ein verschlossenes Fußgestell, und c d ein darauf stehender großer Krug. Dicht über dem Boden habe der Krug c d einen offenen Hahn e, und sein Hals werde unten von der Scheidewand f g luftdicht verschlossen. Ferner enthalte der Krug zwei an beiden Enden offene Röhren h k und l m; die Röhre h k gehe oben durch die Scheidewand, und reiche unten bis nahe auf den Boden; die Röhre l m hingegen reiche oben bis nahe an die Scheidewand, unten aber gehe sie durch den Boden des Krugs und den Deckel des Fußgestells. Das Fußgestell endlich habe an der vordern Seite bei n eine Öffnung, in welcher der durchgesteckte Stab p r sich um einen Bolzen bewegt. Auswendig an dem Stabe p r hänge

*) Es kann auch jede andere Gestalt sein, denn Vitruvius bedient sich bloß des allgemeinen Ausdrucks Engibata. So kann auch das Gefäß, statt durch eine Blase, vermittelst einer Schraube verschlossen werden.

Digitized by Google

ein verschiebbares Gewicht s, inwendig aber ein mit einer kleinen Bodenöffnung versehenes Gefäß t, welches die Klepsydra (κλεψύδρα) genannt wird. — Soll nun die beschriebene Vorrichtung in Thätigkeit gesetzt werden, so verstopfen wir den Hahn e, und füllen den Krug c d durch die Röhre h k mit Wein, indem die Luft durch die Röhre l m entweicht. Dann füllen wir auch das Fußgestell a b durch irgend eine Öffnung x so weit mit Wasser an, daß dessen Oberfläche die Röhrenmündung m nur eben erreicht. Jetzt öffnen wir wieder den Hahn e, welcher nicht fließen wird, da das Wasser die Röhrenmündung m verschlossen hält, und also der auslaufende Wein nicht durch Luft ersetzt werden kann. Wenn wir aber das Gewicht s mehr nach p hin verschieben, so wird sich ein Theil der Klepsydra aus dem Wasser erheben, die Röhrenmündung m dadurch frei werden, und der Hahn e so lange strömen, bis das in der Klepsydra erhobene Wasser durch die Bodenöffnung ausgelaufen ist, und die Röhrenmündung m von neuem verschlossen wird. Je mehr wir also das Gewicht nach p hin verschieben, je höher wird sich die Klepsydra erheben; folglich auch das erhobene Wasser und der Hahn e länger fließen. Nachdem wir nun durch Versuche die Maaße gefunden, welche der Hahn strömen soll, müssen wir in den äußern Theil des Stabes n p Einschnitte und Verzeichnungen dieser Maaße machen; so daß, wenn ein bestimmtes Maaß verlangt wird, wir das Gewicht zu jenem Einschnitte führen, und den Hahn frei fließen lassen.

## Der Opfertanz.

Heron. Spirital. p. 221.

Es sei a b c d (Fig. 35) ein runder hohler Altar; die Oberplatte desselben a b sei aus dünnem Bleche verfertigt, die Umgebung e f aber bestehe aus Glas, und habe mehrere Luftlöcher. Unter der Brandstelle sei der weite Lauf g h mit seinem offenen Ende an die Oberplatte des Altars festgelöthet, das untere Ende des

Digitized by Google

Laufes aber habe einen Boden, in deſſen Mitte ſich eine mäßige Öffnung befindet. Dicht unter dem Laufe g h liege eine bewegliche Scheibe k m, auf welcher Geſtalten ſtehen. In der Mitte ſei dieſe Scheibe ebenfalls durchbohrt, und eine ganz kurze Röhre durchgetrieben, welche unten verſchloſſen iſt, und in eine Spitze ausgeht, die auf einer Unterlage ruht; oben ſei hingegen dieſe Röhre offen, und in die Bodenöffnung des Laufes g h beweglich eingefügt. Ferner müſſen von der kurzen Röhre vier enge Röhrchen n ausgehen, die mit ihr gemeinſchaftlich durchbohrt worden, auf der Scheibe k m in Rinnen liegen, und an ihren Enden im rechten Winkel gebogen ſind. — Wird nun das Opfer auf dem Altar angezündet, ſo tritt ein Theil der verdünnten Luft aus dem Laufe g h in die kurze Röhre, und von da in die Röhrchen n, fährt mit Heftigkeit aus den Mündungen derſelben, ſtößt auf die umgebende Luft, und dreht ſo durch Rückwirkung die Scheibe k m herum, welches macht, daß die darauf ſtehenden Geſtalten zu tanzen ſcheinen.

## Die unverſiegliche Lampe.

Heron. Spirital. p. 222.

Ragt das Öhlbehältniß über die Lampe empor, ſo kann man den Zufluß und deſſen Hemmung auf die nemliche Art wie beim unverſieglichen Becher bewirken; ſoll aber die Stellung der Lampe ganz frei ſein, ſo muß folgende Einrichtung getroffen werden. Es ſei a b (Fig. 36) die beſagte Lampe, und ſie ſtehe auf einem von allen Seiten luftdicht verſchloſſenen Fußgeſtell c d e f; dies Fußgeſtell enthalte zwei Scheidewände g h und k l, und fünf verſchiedene an beiden Enden offene Röhren. Die Röhre m n reiche oben bis nahe an den Deckel des Fußgeſtells, und durchdringe beide Scheidewände, die untere jedoch nur wenig; die Röhre p q reiche unten bis nahe an die Scheidewand k l, durchdringe die Scheidewand g h, und gehe oben durch den Deckel c d; die Röhre r s durchdringe oben die Scheidewand k l, und

gehe

Digitized by Google

gehe unten bis nahe auf den Boden des Fußgestells; die Röhre t u reiche unten bis nahe auf die Scheidewand g h, und gehe oben durch den Deckel des Fußgestells und die ganze Lampe; die Röhre v x endlich reiche unten nur wenig durch die Scheidewand g h, durchdringe aber oben den Deckel des Fußgestells, einen Theil der Lampe, und gehe bei x in den hohlen Henkel (ὄρος) x z, der bei z seine Mündung hat. — Soll nun die Lampe zum Gebrauche eingerichtet werden, so füllen wir die obere Abtheilung des Fußgestells c d g h durch die Röhre u t mit Öhl, die Luft aber entweicht durch die Röhren n m, s r und q p; nach geschehener Füllung verstopfen wir die Mündung u, und füllen die mittlere Abtheilung g h k l durch die Röhre p q mit Wasser, indem die Luft durch die Röhre v x z entweicht. Da nun die Röhre v x z der Luft einen freien Zugang in die mittlere Abtheilung gestattet, so wird, wenn wir die Mündung u wieder öffnen, das Wasser durch die Röhre r s in die untere Abtheilung zu fließen anfangen, die vertriebene Luft durch die Röhre m n in die obere Abtheilung gehen, und das Öhl, da es viel leichter als Wasser ist, so lange durch die Röhre t u emportrücken, bis die Oberfläche desselben die Mündung des Henkels z erreicht hat; denn sobald das Öhl diese Mündung verschließt, hört das Wasser durch r s zu fließen auf, indem keine Luft mehr als Ersatz eindringen kann. Wird aber die Lampe mit einem Dochte versehen und angezündet, so verzehrt die Flamme nach und nach das Öhl, es sinkt, und die Mündung z wird frei; in dem Augenblicke jedoch wo die Mündung z frei wird, quillt auch das Öhl von neuem durch t u empor, und verschließt sogleich wieder die geöffnete Mündung z. Folglich bleibt die Lampe, so lange noch Öhl in c d g h enthalten ist, immer gleich hoch angefüllt.

## Der Springbrunnen.

Heron. Spirital. p. 164.

Es sei a b (Fig. 37) eine hohle eherne Kugel von beträchtlicher Größe, deren Wände äußerst fest sein müssen, um die bevorstehende starke Verdichtung der Luft zu



Digitized by Google

tragen zu können. Unten ruhe die Kugel a b auf einem Fußgestelle c, oben sei sie im Scheitelpunkte durchbohrt, und die an beiden Enden offene Röhre d e f so darin eingelöthet, daß ihre untere Mündung nicht weiter vom Boden der Kugel absteht, als es die freie Bewegung des Wassers erfordert; der außerhalb der Kugel befindliche Theil der Röhre e f werde aber von einer Querröhre g h durchschnitten, in welcher sich der, mit der Röhre d e f gleichmäßig durchbohrte, und vollkommen luftdicht eingeriebene Hahn k befindet. Ferner sei die Röhre d e f oben bei f mit einer weiblichen Schraube versehen, und die kurze, in eine enge Mündung auslaufende Röhre m n — das Gußrohr genannt — darin festgeschraubt. — Soll nun der Springbrunnen zum Gebrauche eingerichtet werden, so nimmt man das Gußrohr von der Röhre d e f ab, schraubt den Lauf a b der Luftpumpe darauf, und pumpt einen Theil der eingeschlossenen Luft heraus; hierauf verschließt man den Hahn, nimmt die Luftpumpe ab, hält die Röhrenmündung f ins Wasser, öffnet wieder den Hahn, und läßt auf diese Art die Kugel (wie das medicinische Ei) sich etwa bis zur Hälfte füllen. Wenn dies geschehen, schraubt man den Lauf f g der Luftpumpe auf, und verdichtet die Luft so stark, als es ohne Gefahr des Zerspringens der Kugel geschehen kann. Ist aber die Luft hinlänglich verdichtet, so verschließt man wieder den Hahn, nimmt die Luftpumpe ab, und schraubt das Gußrohr auf. Da nun das in der Kugel enthaltene Wasser von der verdichteten Luft einen heftigen Druck erleidet, so wird es, wenn wir jetzt den Hahn öffnen, durch die Röhren d e f und m n emporsteigen, und bei n mit großer Kraft in die freie Luft springen.

## Die Feuerspritze.

Heron. Spirital. p. 180.

Es seien a und b (Fig. 38) zwei eherne Wasserpumpen, von der bereits Seite 19 angegebenen Einrichtung, c und d aber die beiden Leitröhren, e und f die beiden Windklappen, g und h die beiden Hahnenklappen, k und l die beiden Kolben,

Digitized by Google

m und n die beiden Kolbenstangen. Zwischen den Pumpen befindet sich ferner eine eherne Kugel p q, zubereitet wie die des oben beschriebenen Springbrunnens. Unten sei diese Kugel an beiden Seiten durchbohrt, und mit den Enden der Leitröhren c und d zusammengelöthet, oben durch ihren Scheitelpunkt gehe hingegen die Steigröhre r s, auf welche das Gußrohr s t geschräubt ist. Um aber dem Wasserstrahl jede beliebige Richtung geben zu können, sei die Steigröhre r s aus drei in einander eingeriebenen Stücken zusammengesetzt, und mit zwei Wendungen, einer wagrechten u, und einer senkrechten v, versehen. Jede dieser Wendungen bestehe aus drei runden, in der Mitte durchbohrten Scheiben, von denen die beiden äußersten dieselbe Größe haben, die mittelste aber kleiner ist; die unterste und mittelste Scheibe werden an ihre Röhren festgelöthet, die oberste aber muß die eingeriebene Röhre beweglich wie ein Ring umgeben, und durch Schrauben an die unterste Scheibe befestigt sein. Die Bewegung der Kolben geschehe endlich vermittelst eines doppelarmigen Hebels $\beta\ \gamma$, der sich in der Mitte um einen Bolzen $\delta$ dreht, und an welchen auch die Kolbenstangen bei $\varepsilon$ und $\zeta$ durch Bolzen befestigt sind. Die ganze Maschine aber werde so auf einem Fuhrwerk angebracht, daß ihr unterer Theil in einem Gefäße mit Wasser steht, und der Bolzen $\delta$ eine hinlängliche Unterstützung erhält. — Drücken wir nun den Hebelarm $\delta\ \gamma$ nieder, so senkt sich der Kolben l, die Klappe h fällt zu, die Klappe f öffnet sich, und das von der Pumpe b geschöpfte Wasser dringt durch die Leitröhre d in die Kugel p q; in derselben Zeit steigt aber der Kolben k, die Klappe e fällt zu, die Klappe g wird aufgezogen, und die Pumpe a füllt sich wieder mit Wasser. Während also der Kolben l das geschöpfte Wasser in die Kugel treibt, schöpft die Pumpe a neues, und während der Kolben k das geschöpfte Wasser in die Kugel treibt, schöpft die Pumpe b neues. Nun ist aber die Kugel p q mit Luft angefüllt, und da das eindringende Wasser sogleich die untere Mündung r der Steigröhre verstopft, einen großen Theil der Kugel einnimmt, und folglich die eingeschlossene Luft sehr stark verdichtet; so entsteht dadurch rückwirkend ein gewaltiger Luftdruck auf das eingedrungene Wasser, welches, dem Drucke weis-



Digitized by Google

chend, in den Röhren r s und s t emporsteigt, und sich bei t in einem ununterbrochenen Strahl ergießt.

## Die Wassermühle.

Vitruv. de Architect. lib. 10. cap. 10.

Es sei a b (Fig. 39) ein Wasserrad, an dessen Welle das senkrechtstehende Kammrad c d befestigt ist. Neben dem Kammrade c d aber befinde sich ein anderes viel kleineres Kammrad e, doch in wagrechter Lage, und so nahe, daß die Zähne beider Räder in einander greifen. An der Welle des kleinern Rades sei ferner oben das Mühleisen (ferrea subscus) befestigt, welches den beweglichen Mühlstein oder Läufer (mola) trägt; über den Mühlsteinen aber hänge der Trichter f, welcher das zu mahlende Getreide enthält. — Wird nun das Wasserrad angelassen, so dreht sich zugleich auch das Rad c d, und dieses bewegt wieder das Rad e und den Läufer; so daß also auf diese Art das aus dem Trichter fallende Korn zwischen den Mühlsteinen zu Mehl zerrieben wird.

## Die Wassertrommel (tympanum).

Vitruv. de Architect. lib. 10. cap. 9.

Maschinen zur Erhebung des Wassers kannten die Alten fünf: die Wassertrommel, das Kastenrad, die Eimerwinde, die Wasserschraube, und das Ktesibische Druckwerk. Die Wassertrommel und das Ktesibische Druckwerk sind darunter die vorzüglichsten; denn die Wassertrommel hebt das Wasser zwar nicht hoch, aber sie schöpft in kurzer Zeit eine ungeheure Menge aus; das Ktesibische Druckwerk hingegen liefert weniger Wasser, erhebt es indessen wieder erstaunlich hoch. In Hinsicht der Einfach-

Digitized by Google

heit hat aber die Wassertrommel den Vorzug vor allen andern Maschinen. Verfertigt wird sie auf folgende Art:

Es sei a b (Fig. 40) ein nach dem Zirkel abgerundeter und an beiden Enden mit eisernen Zapfen versehener Wellbaum. Um diesen Wellbaum herum errichte man zwei aus Bretern zusammengeschlagene runde Scheiben, welche die Seitenwände des hohlen Rades (der Trommel) c d bilden; im Innern des Rades aber ziehe man, in gleichen Abständen, acht breterne Querwände e, die sämmtlich vom Wellbaume anfangen, und bis an die Stirn des Rades gehen. Die Stirn des Rades verschlage man rings umher ebenfalls mit Bretern, lasse jedoch darin, zum Einschöpfen des Wassers, acht Öffnungen m, die etwa einen halben Fuß breit sind, und nicht weit von denjenigen Querwänden entfernt sein müssen, nach welchen hin das Rad sich herumdreht, so daß jede Abtheilung, gleich beim Eintritt ins Wasser, ihre Füllung beginnen kann. Ferner mache man in der einen Seitenwand des Rades, nächst am Wellbaume a, der hier nur wenig aus dem Rade hervorragt, acht runde Löcher n, die zum Ausströmen des von jeder Abtheilung geschöpften Wassers dienen. Nachdem man hierauf das Rad wie ein Schiff getheert hat, errichte man es über dem Wasser auf starken Pfählen p, die da, wo die Zapfen aufliegen, mit Eisen beschlagen sein müssen; unter den Wellbaum a stelle man aber einen hölzernen Trog q, der mit einer Ableitungsrinne r versehen ist. — Wird nun das Rad umgedreht, so sinkt das, in die innern Abtheilungen eingedrungene und durch das Umdrehen empor gehobene, Wasser nach dem Wellbaume zu, und ergießt sich hier aus den Löchern n, während dieselben über den Trog q weggehen. Das Umdrehen aber geschieht entweder vermittelst eines an derselben Welle angebrachten Tretrades, oder, wenn die Maschiene in fließendem Wasser steht, vermittelst Schaufeln, die man auf der einen Seite des Rades ansetzt.

Digitized by Google

# Das Kastenrad.

Vitruv. de Architect. lib. 10. cap. 9 et 10.

Es sei wiederum a b (Fig. 41) ein nach dem Zirkel abgerundeter, und an beiden Enden mit eisernen Zapfen versehener Wellbaum, um welchen herum man mehrere starke Stangen c, die Stirn des Rades zu tragen, errichtet hat. Die Stirn des Rades aber schlage man aus Bretern zusammen, und befestige daran viereckige hölzerne Kasten d. Diese Kasten versehe man mit Deckeln, *) lasse jedoch, in einiger Entfernung vom Rade, zollbreite Öffnungen e; an der Seite, dicht unter den Deckeln, und ganz nahe am Rade, bohre man aber die Löcher g. — Wird nun das Rad umgedreht, so schöpfen die Kasten das Wasser durch die Öffnungen e, und gießen es oben, während sie über den Trog h gehen, durch die Löcher g wieder aus; es füllen und entladen sich folglich die Kasten auf die nehmliche Art, wie die Abtheilungen der Wassertrommel. In fließendem Wasser dienen die Kasten zugleich auch als Schaufeln, in stehendem Wasser aber muß die Maschine durch ein Tretrad umgetrieben werden. Noch ist zu bemerken, daß, um zu verhindern, daß die Kasten nicht eher zu gießen anfangen, als bis sie den Trog erreicht haben, die Löcher g eine hinreichend hohe Lage haben müssen; welche sie bekommen, wenn man die Kasten nach dem Rade zu etwas weiter (höher) macht, so daß die Böden der Kasten zwar mit dem Mittelpunkte des Rades eine gerade Linie bilden, die Richtung der Deckel aber darüber hinaus geht.

*) Vitruvius giebt die Einrichtung der Kasten nicht besonders an, es ist aber klar, daß sie Deckel haben müssen; denn da die Oberfläche einer Flüssigkeit beständig wagerecht bleibt, so kann ein offener Kasten — wegen der schrägen Richtung, die er beim Aufsteigen hat — nur sehr wenig Wasser schöpfen, und selbst dies wenige Wasser wird sich verlaufen haben, ehe noch der Kasten den Trog erreicht.

Digitized by Google

## Die Eimerwinde.

Vitruv. de Architect. lib. 10. cap. 9.

Es sei a b (Fig. 42) ein Tretrad, welches an demjenigen Orte aufgestellt sein muß, wo hinauf das Wasser erhoben werden soll. Die Welle dieses Rades sei mit einem Bock c versehen, über welchem eine doppelte Kette ohne Ende hängt, die bis in das zu erhebende Wasser hinunter reicht, und an welcher kleine kupferne, mit Deckeln versehene Eimer d befestigt sind. Durch den Deckel jedes Eimers gehe ein kleines an beiden Enden offenes Röhrchen, welches bis nahe auf den Boden reicht; in der von der Kette abgewendetern Seite aber, dicht unter dem Deckel, habe jeder Eimer zwei Löcher. — Wird nun das Tretrad in Bewegung gesetzt, so winden sich die Eimer über den Bock, und das geschöpfte Wasser ergießt sich aus den beiden Löchern vorwärts in den Trog e, während die Luft durch das Röhrchen als Ersatz eindringt. Wegen des Bockes ist noch zu bemerken, daß er vollkommen rund sein muß, indem ein sechs- oder achteckiger die Maschine zu sehr erschüttert; um daher das Abgleiten der Kette von dem runden Bocke zu verhindern, müssen starke eiserne Klammern eingeschlagen werden, in welche die Kette eingreift.

## Die Wasserschraube.

Vitruv. de Architect. lib. 10. cap. 11.

Es sei a b (Fig. 43) eine nach dem Zirkel abgerundete hölzerne Spindel, deren dicke sich zur Länge wie 1 zu 16 verhält. Die beiden Endflächen c der Spindel theile man, vermöge durch den Mittelpunkt gezogener Linien, in vier oder acht gleiche Theile, und zwar so, daß die Linien des einen Endes den Linien des andern genau gegenüberstehen. Diese entsprechende Linien verbinde man durch andere senk-

Digitized by Google

recht gezogene Linien d, die folglich ein Achtel des Umfanges der Spindel von einander abstehen; damit aber die Spindel, wie in der Runde, auch in der Länge in gleiche Theile abgetheilt sei, ziehe man die, ebenfalls ein Achtel des Umfanges von einander abstehenden Querlinien e. Wenn dies geschehen, nehme man lange dünne weidene Stäbchen, bestreiche sie mit Theer, und nachdem man sie dergestalt schräg um die Spindel gewunden hat, daß sie über die Durchschnittspunkte der Linien d und e weggehen, nagele man sie darauf fest. Auf diese zuerst umgewundene Stäbchen befestige man nun auf gleiche Weise noch viele andere, bis die Gänge eine solche Höhe erlangt haben, daß der Durchmesser der Schraube einem Achtel ihrer Länge gleich geworden ist. Hierauf schließe man das ganze Schraubengewinde in einen Mantel von zusammengefügten Bretern ein, und lege darum eiserne Reifen a, (Fig. 44) damit ihn die Gewalt des Wassers nicht zersprenge. Die beiden Enden der Spindel aber beschlage man mit Blech, und versehe sie mit starken eisernen Zapfen. Endlich errichte man in und über dem Wasser ein aus Pfählen und Querhölzern bestehendes Gestell b, bringe darin für die Zapfen eiserne Pfannen an, und gebe der Schraube eine so schräge Lage, daß sie mit der Oberfläche des Wassers einen Winkel von 45 Graden bildet; ihr schöpfendes Ende aber unter jener Oberfläche steht. — Wird nun die Schraube umgedreht, so bewegen sich die Gegenden der Rinnen, welche am höchsten stehen, abwärts, und die, welche am tiefsten stehen, aufwärts. Das unten in die Schraube eingetretene Wasser nimmt aber die tiefsten Gegenden der Rinnen ein, und da diese sich aufwärts bewegen, so wird es nicht folgen, sondern wiederum die tiefsten Gegenden einnehmen. Allein diese Gegenden, obgleich jetzt die tiefsten, haben doch eine höhere Lage als die, welche das Wasser vorher einnahm. Indem also das Wasser beständig die tiefsten Gegenden der Rinnen einnimmt, welche es erreichen kann, steigt es in der umgedrehten Schraube empor, und ergießt sich endlich oben in den Trog c. Das Umdrehen der Schraube aber kann durch ein Tretrad, oder wenn aus einem Flusse geschöpft wird, durch ein Wasserrad d e bewirkt werden, welches die Schraube selbst zur Welle hat.

Das

Digitized by Google

# Das Ktesibische Druckwerk.

Vitruv. de Architect. lib. 10. cap. 12.

Es seien a und b (Fig. 45) zwei gleiche eherne Läufe (modioli), die nicht weit von einander abstehen, und unten mit zwei aufwärtsgebogenen Leitröhren c und d versehen sind, welche in das, ebenfalls eherne, Gefäß e f führen, wo ihre obere Mündungen durch Gewindklappen verschlossen werden. Mit dem Gefäße e f aber sei der trichterartig gestaltete Aufsatz g h verbunden, durch dessen Spitze die Steigröhre k l geht. Ferner müssen auch die Böden der Läufe a und b mit Löchern und Klappen versehen sein, die Läufe selbst aber eherne, auf der Drehbank wohl abgerundete und mit Öhl bestrichene, Kolben m und n enthalten, welche, vermittelst der Kolbenstangen p und q, wechselsweise auf und nieder bewegt werden, so daß — wie bei der Feuerspritze des Heron — der eine Lauf sich füllt, während das schon geschöpfte Wasser des andern in den Windkessel e f g h getrieben wird, von wo es die verdichtete Luft wieder durch die Steigröhre k l ausstößt. Diese Steigröhre muß daher so lang sein, als es die Höhe des Orts erfordert, wo hinauf das Wasser erhoben werden soll. Daß aber das Wasser durch den Druck der Luft erhoben wird, geschieht, um den Stillstand der Wassersäule in der Steigröhre aufzuheben, welcher nach jeder Kolbensenkung eintritt; denn die Förderung des schon bewegten Wassers erheischt einen weit geringern Kraftaufwand, als der beständig erneuete Antrieb des ruhenden. — Soll die Maschine zu einem Springbrunnen dienen, so muß sie als eine Feuerspritze im Großen behandelt werden. Man führt in diesem Fall die Steigröhre k l unter der Erde zu dem Orte hin, wo das Wasser springen soll, biegt sie hier aufwärts, und versieht sie mit einem Gußrohr.

Was nun die Bewegung der Maschine betrifft, so kann sie wohl nur durch ein Wasserrad die erforderliche Kraft erhalten; der vortheilhafteste Mechanismus aber scheint dieser zu sein: Es sei $\beta$ die von dem Wasserrade umgetriebene Kurbel, $\gamma$ die



Digitized by Google

Kurbelstange, $\delta$ eine kurze Walze, oder ein Rad mit breiter Stirn, und $\varepsilon$ der vordere Zapfen, welcher auf irgend einem Gestelle liegt. Diese Walze sei so stark im Durchmesser, daß sie den Raum zwischen den beiden Kolbenstangen p und q ausfüllt, und werde von zwei starken Ketten umgeben, welche mit ihren Enden an die Kolbenstangen befestigt sind; die eine Kette gehe von $\zeta$ in einer Nuthe unten um die Walze bis $\eta$, die andere von $\vartheta$, ebenfalls in einer Nuthe, oben über die Walze bis $\lambda$; das Abgleiten der Ketten aber werde durch die Klammern $\mu$ und $\nu$ verhindert. Die Vorzüge dieses Mechanismus sind nun vornehmlich: daß die Kolbenstangen sich vollkommen senkrecht auf und nieder bewegen, und daß man einen so hohen Kolbenhub haben kann, als man nur immer will.

## Die Wasseruhr.

Vitruv. de Architect. lib. 9. cap. 6.

Es sind uns keine Nachrichten geblieben, daß die Griechen jemals andere Werkzeuge der Zeitmessung gekannt hätten, als Sonnenuhren und Wasseruhren. Die Wasseruhren wurden jedoch erst von Ktesibios, der etwa 150 Jahre vor C. G. lebte, erfunden; bis dahin würden also die Griechen bloß Sonnenuhren, und wenn die Sonne nicht schien, gar keine Uhren gehabt haben; folglich des Nachts und bei trübem Wetter in einer unbegreiflichen Zeitunwissenheit gewesen sein. Wie ist es nun aber denkbar, daß ein so geistreiches Volk diesen Zustand durch so viele Jahrhunderte ganz ruhig sollte ertragen haben? Wie ist es denkbar, daß Archimedes, der Erfinder einer aus Rädern zusammengesetzten Weltmaschine, nicht sollte im Stande gewesen sein, eine armselige Gewichtuhr zu erfinden? Es wäre daher wohl möglich, daß die Griechen, schon vor dem Archimedes, Räderuhren gekannt hätten, und daß diese nur später von den vollkommneren Wasseruhren verdrängt wurden; denn offenbar ist diejenige Uhr die vollkommenste, deren Gang der gleichmäßigste

Digitized by Google

ist, und diesen Vorzug dürfte man wohl der Wasseruhr nicht leicht streitig machen können. Will man jedoch lieber annehmen, daß die Griechen wirklich keine Räderuhren gehabt haben, so möchte wohl die Ursache davon in ihrer Zeitabtheilung zu suchen sein, die vielleicht nicht durch ein Räderwerk zu erreichen war; denn bekanntlich theilten die Alten jeden Tag und jede Nacht in zwölf Stunden, so daß bei ihnen die Sonne immer um 12 Uhr aufging, es mochte Winter oder Sommer sein, und die Stunden des Tages und der Nacht nur zweimal im Jahre einander gleich waren. Diese veränderliche Größe der Stunden blieb selbst noch bei den Wasseruhren eine große Schwierigkeit, und es gab nur zwei Mittel sie zu beseitigen; erstlich, durch Vermehrung oder Verminderung des Wasserflusses; zweitens, daß man bei immer gleichem Wasserflusse an jedem Tage das Zifferblatt veränderte, welches in diesem Falle gewöhnlich um eine drehbare Säule angebracht war.

Die Uhren selbst wurden im Allgemeinen auf folgende Art verfertigt: Man bohrte ein feines Loch durch eine Goldplatte oder einen Edelstein, weil diese Gegenstände weder durch das durchlaufende Wasser abgenutzt werden, noch Rost ansetzen, der die Öffnung verstopft. Eine solche durchbohrte Goldplatte befestigte man in den Boden eines kleinen Gefäßes, Klepsydra (Seite 39) genannt, das durch den Zufluß aus einem großen Wasserbehältniß beständig ganz voll erhalten wurde. Das Wasser aber, welches durch das Bodenloch der Klepsydra immer gleichmäßig hindurch lief, sammelte sich in einem cylindrischen Gefäße oder Lauf, und hob ein umgekehrtes Becken, oder einen Kork, in die Höhe. Das Steigen dieser schwimmenden Körper wurde indessen verschieden benutzt; war nehmlich das Zifferblatt um eine Säule angebracht, so stand auf dem Korke oder dem Becken irgend eine Gestalt, die mit einem Stäbchen die Stunden anzeigte; war hingegen das Zifferblatt den unsrigen ähnlich, und daher eine Kreisbewegung des Zeigers nöthig, so befand sich über dem Laufe eine mit Rädern versehene Welle, die entweder durch eine aufrecht stehende und unten an das Becken befestigte gezahnte Stange, oder durch ein Gewicht umgedreht wurde. Die Andeutung der Stunden geschah indessen nicht bloß durch



Digitized by Google

den Zeiger allein, sondern auch durch den Schall von Trompeten, oder vermittelst kleiner Steine, die auf eine Glocke fielen. Solche Vorrichtungen bildeten jedoch für sich bestehende Werke, die nur zur bestimmten Zeit von dem Wasserwerke angeregt wurden.

Man sieht hieraus, daß es unzählige Arten von Wasseruhren geben kann, aber auch wieder, daß sie in den Hauptbestandtheilen alle einander gleich sein müssen. Ich werde eine derselben näher beschreiben, und zwar die mit dem Gewichte, weil ich sie für die einfachste halte; doch mit Weglassung der Vorrichtung zu den Stundenlängen, da dies keinen Werth mehr für uns hat.

Es sei a b (Fig. 46) das Gehäuse der Uhr, c ein großes Wasserbehältniß, und d der offene Hahn desselben. Unter diesem Hahn befinde sich die Klepsydra e f, und unter der Klepsydra wieder der Lauf g, welcher unten durch die Querröhre h mit dem eben so langen, aber viel weitern Laufe k verbunden ist. In dem Laufe k befinde sich ferner die Korkscheibe m, woran eine Schnur oder feine Kette befestigt ist, die über die Rolle n geht, und an ihrem andern Ende das Gewicht p trägt, welches leichter als die Korkscheibe sein muß; die Rolle n aber werde von der Welle q gehalten, welche vorn durch das Zifferblatt r dringt, und daselbst den Zeiger führt. — Soll nun die beschriebene Uhr in Thätigkeit gesetzt werden, so füllt man das Wasserbehältniß c, verschließt mit dem Finger die Bodenöffnung der Klepsydra, läßt sie aus dem Hahn d ganz voll laufen, und nimmt dann den Finger weg, worauf die Uhr ihre Bewegung beginnt. Denn so wie das Wasser durch die Bodenöffnung der Klepsydra in einem feinen Strahle immer gleichmäßig ausströmt, so steigt auch das Wasser in den Läufen g und k gleichmäßig, und hebt eben so gleichmäßig die Korkscheibe m empor; während aber die Korkscheibe m sich erhebt, sinkt das Gewicht p, und dreht die Rolle n, folglich auch die Welle und den Zeiger, in 12 Stunden einmal herum. Soll die Uhr einen Minutenzeiger haben, so muß noch ein Getriebe hinzugefügt werden. Je nachdem nun die Uhr eingerichtet ist, dauert die Füllung der Läufe g und k einen oder mehrere Tage, dann aber muß das Was-

Digitized by Google

ser durch den Hahn x abgelassen werden, oder man kann auch die Einrichtung treffen, daß es vermittelst eines Hebers zur bestimmten Zeit von selbst abläuft. Durch dieses Ablaufen des Wassers wird die Uhr aufgezogen, indem die Korkscheibe mit der Wasserfläche niedersinkt, und das leichtere Gewicht p heraufzieht. Die Rolle n muß daher beweglich auf der Welle sitzen, und mit einem Sperrkeile versehen sein.

## Die Wasserorgel.

Vitruv. de Architect. lib. 10. cap. 13. — Heron. Spirital. p. 227.

Wir besitzen zwei Beschreibungen der Wasserorgel, von Heron und Vitruvius. Ich werde sie beide aufführen, und mit der des Vitruvius, da sie sich auf keine Zeichnung bezieht, den Anfang machen.

Auf einem Fußgestell von festem Holze steht ein eherner Wasserkasten, und rechts und links erheben sich leiterartig verbundene Ständer. In dem Wasserkasten befindet sich der Regulator (pnigeus). *) Er gleicht einem umgekehrten Trichter, und ruht mit dem untern Rande auf kleinen, etwa drei Zoll hohen Unterlagen, die ihn vom Boden des Kastens entfernt halten; sein oberer Theil (cervicula) **) steht hingegen mit der Windlade in Verbindung. Diese Windlade, von den Griechen *κανὼν μουσικὸς* genannt, ist im Innern, der Länge nach, in so viel Fächer (canales) abgetheilt, als die Orgel Stimmen hat; nemlich, ist die Orgel ein Tetrachord,

*) Ich übersetze Pnigeus durch Regulator, weil bei der Wasserorgel die Vorrichtung zur Bereitung des Windes ganz dieselbe ist, welche von den Engländern „ein Cylindergebläse mit dem Wasserregulator" genannt wird. Man lese hierüber nach, in dem vortrefflichen Werke des Herrn von Baader: Beschreibung und Theorie des englischen Cylindergebläses.

**) Die Übersetzer des Vitruvius geben Cervicula durch Hals; einen Hals kann aber der Regulator nicht haben. Es ist höchst wahrscheinlich, daß das Becken der römischen Trichter aus einer hohlen Halbkugel bestand, und daher vielleicht Cervicula durch Scheitel übersetzt werden könnte. So viel bleibt indessen ausgemacht, daß die Gestalt unserer jetzigen Trichter die allerungeschickteste zu einem Regulator sein würde.

Digitized by Google

so hat die Windlade vier Fächer; ist sie ein Hexachord, sechs; ist sie ein Octachord, acht u. s. w. Jedes Fach der Windlade ist durch einen Hahn verschlossen, der einen eisernen Griff hat; dreht man diese Griffe herum, so werden dadurch die Eingänge in die Fächer der Windlade geöffnet. Der Deckel der Windlade hat, der Breite nach, so viel Löcher als Fächer im Innern sind; über der Windlade aber steht der Pfeifenstock, welcher auf Griechisch πίναξ heißt. Er hat ebenfalls Löcher, die den Löchern des Deckels der Windlade genau entsprechen, und worin die Mundstücke (lingulae) aller Orgelpfeifen stecken. Zwischen der Windlade und dem Pfeifenstocke befinden sich auf gleiche Weise durchbohrte, und mit Öhl bestrichene Schieber, welche Pleuritiden heißen, und die, je nachdem sie vorwärts oder rückwärts gezogen werden, die Löcher im Deckel der Windlade öffnen oder verschließen. An diese Schieber sind endlich eiserne Federn und Tasten (pinnae) befestigt, und zwar in der Art, daß durch Niederdrücken und Loslassen der Tasten die Schieber ihre Bewegung erhalten.

Ferner sind zwischen den Ständern, auf beiden Seiten des Wasserkastens, eherne Läufe (modioli) angebracht, die verschiebbare, auf der Drehbank wohl abgerundete, eherne Kolben enthalten, woran, vermittelst Bolzen, eiserne Kolbenstangen befestigt sind, welche durch Hebel bewegt werden. Die aufwärts gekehrten Böden der Läufe aber haben ungefähr dreizollige, mit Cymbelklappen (cymbala) versehene Löcher, in deren Nähe (als Gegengewichte) auf Bolzen ruhende Delphine stehen, die Ketten im Maule halten, an welchen die nach innen sich öffnenden Klappen hängen. Von den Läufen gehen endlich Leitröhren in den obern Theil des Regulators, die ebenfalls mit Klappen versehen sind, um den Rücktritt der Luft zu verhindern. — Werden nun die Hebel niedergedrückt, so stoßen die Kolbenstangen die Kolben aufwärts, und treiben die eingeschlossene Luft durch die Leitröhren in den im Wasser stehenden Regulator; werden die Kolben wieder herab gelassen, so öffnen sich die von den Delphinen gehaltenen Cymbelklappen, und die Läufe füllen sich von neuem mit Luft an. Nachdem nun diese Bewegung der Kolben mehrere Male ist wiederholt

Digitized by Google

worden, und die Luft im Regulator die ihr zukommende Verdichtung erlangt hat, öffnen wir einen oder einige von den Hähnen, worauf diejenigen Fächer der Windlade, zu welchen die geöffneten Hähne gehören, sich gleichfalls mit verdichteter Luft füllen. Es entsteht also, wenn die Tasten mit den Fingern bald niedergedrückt, bald losgelassen werden, und hierdurch dem Winde bald der Eingang in den Pfeifenstock gestattet bald verwehret wird, eine große Mannichfaltigkeit von Tönen.

Jetzt die Beschreibung des Heron.

Es sey a b c (Fig. 47) ein ehemer, wie ein Altar gestalteter, Wasserkasten, in welchem sich eine hohle umgestürzte Halbkugel von Erz d e f befindet, die man den Regulator (πνευστὸς) nennt, und deren Rand, durch kleine eherne Unterlagen h, so weit vom Boden des Kastens a b c entfernt gehalten wird, daß das Wasser auf allen Seiten einen freien Ein- und Ausfluß hat. *) Hinter dem Wasserkasten a b c befinde sich, in irgend einem Gestelle, die mit der Mündung nach unten gekehrte, eherne Luftpumpe k l, deren Einrichtung mit der der bereits (Seite 19) beschriebenen Wasserpumpe ganz gleich ist; nur daß hier die Bodenklappe durch ein Gegengewicht (πλαστρομάστιον) m zugehalten werden muß. Der mit der Kolbenstange verbundene Hebel n p habe seinen Stützpunkt unter dem Wasserkasten, und reiche vorn so weit hervor, daß er mit dem Fuße getreten werden kann; die Leitröhre q r aber führe in den mit ihr durchbohrten Scheitel des Regulators. Vorn, quer über dem Wasserkasten, liege die viereckige eherne Windlade s, deren Deckel geglättet, und mit so vielen Löchern versehen sein muß, als die Orgel Pfeifen (αὐλοὶ) hat. **) Un-

*) Die Ursache, daß die Griechen runde Regulatoren nahmen, kann wohl keine andere sein, als die der leichtern Verfertigung; indem ein solcher Regulator aus Kupfer wie ein gewöhnlicher Kessel gearbeitet werden kann. Was die Unterlagen betrifft, so müssen sie sowohl an den Rand des Regulators, als auch an den Boden des Wasserkastens festgelöthet oder geschraubt werden.

**) In dem Werke „Aufschlüsse über die Musik der Griechen" habe ich Seite 37 bereits den Unterschied zwischen Aulos, Syrinx, und Salpinx erklärt. Die Pfeifen der Heronischen Orgel sind demnach Zungenpfeifen.

Digitized by Google

ten im Boden sei die Windlade ebenfalls durchbohrt, und die aus dem Scheitel des Regulators sich erhebende Röhre t u darin eingelöthet. Ueber der Windlade s befinde sich ferner der eherne, mit einem vorragenden und geglätteten Boden versehene, Pfeifenstock v, welcher der Breite nach in so viel Fächer abgetheilt ist, als der Länge nach Pfeifen x darauf stehen. Jedes dieser Fächer habe unten ein Loch, welches dem Loche im Deckel der Windlade genau entspricht, und oben eine Öffnung, worin das Mundstück der Pfeife steckt; daher auch diese Fächer Behälter der Mundstücke (γλωσσόκομα) heißen. Zwischen der Windlade aber und dem Pfeifenstock seien in der Mitte durchbohrte, wohl geglättete, und mit Öhl bestrichene, eherne Schieber (πάμματα) befindlich, welche durch dünne eherne Leisten von einander geschieden sind, und ohne den geringsten Zwang vorwärts und rückwärts bewegt werden können. Die Löcher dieser Schieber müssen jedoch den Löchern der Windlade und des Pfeifenstockes genau entsprechen, ihre undurchbohrte Flächen dagegen jene Löcher luftdicht verschließen. Das Vorziehen der Schieber werde endlich durch die Tasten o; das Zurückziehen, durch die Spateln u bewirkt, welche in ein schmales Bret eingesetzt sind, das mit der Windlade parallel liegt.

Der größern Deutlichkeit wegen, wollen wir den Mechanismus für den einzelnen Ton abgesondert, und zwar im senkrechten Durchschnitt, betrachten. Es sei demnach a b (Fig. 48) der Scheitel des Regulators, c die Röhre, welche in die Windlade führt, d e die Windlade selbst, f g der Behälter des Mundstücks (Seiefel), h h der hervorragende Boden desselben, k k die Pfeife, l u der Schieber, m das Loch im Schieber, n das Loch im Deckel der Windlade, o das Loch im Boden des Seiefels, p die Spatel, q das schmale Brett, r s t u die Taste. Diese Taste bilde einen kleinen dreigliedrigen Winkelhebel (ἀγκωνίσκος), welcher bei s seinen Stützpunkt hat, und dessen drittes Glied t u bei u an den Schieber, und bei t an das mittelste Glied der Taste durch Bolzen beweglich befestigt ist. Die Spatel p dagegen besteht aus einem starken biegsamen Hornstreifen, und sei vermittelst einer Saite x mit dem Schieber l u verbunden. Die Einrichtung dieses Mechanis

nismus ist also, daß durch Niederdrückung der Taste bei r, der Schieber vorgezogen, die Spatel gekrümmt, und das Loch m zwischen die Löcher n und o gebracht wird, entweder ganz oder zum Theil. Nemlich, wird die Taste nur wenig niedergedrückt, so tritt auch nur ein kleiner Theil des Loches m zwischen die Löcher n und o; wird sie mehr niedergedrückt, ein größerer Theil, und so fort, bis endlich alle drei Löcher genau unter einander zu stehen kommen. Dasselbe ereignet sich auch (nur in umgekehrter Folge) wenn die Taste nach und nach wieder losgelassen, und der Schieber, vermittelst der Saite x, von der Spatel zurückgezogen wird. Je größer aber der Theil des Loches m ist, welcher zwischen den Löchern n und o steht, je größer ist auch der Durchgang aus der Windlade in den Pfeifenstock. *)

Soll nun die Orgel zum Gebrauche eingerichtet werden, so gießen wir den Kasten a b c (Fig. 47) beinahe ganz voll Wasser, wodurch die im Regulator und der Windlade eingeschlossene Luft stark verdichtet wird. Wenn wir demnach jetzt die Tasten mit den Fingern niederdrücken, und die Löcher der Schieber über die Löcher der Windlade zu stehen kommen, so fährt die verdichtete Luft als Wind durch die geöffneten Löcher in die zu den niedergedrückten Tasten gehörenden Behälter der Mundstücke, und bringt die darauf stehenden Pfeifen zur Ansprache; erheben wir wieder die Finger von den Tasten, so verstopfen die von den Spateln zurückgezogenen Schieber von neuem die Löcher, und die Pfeifen hören zu tönen auf. Da jedoch die Durchgänge aus der Windlade in den Pfeifenstock, wie schon gesagt, größer oder kleiner sind, je nachdem die Tasten mehr oder weniger niedergedrückt worden, die Pfeifen aber bei einem größern Durchgange stärker angeblasen werden, als bei einem kleinern; so ist leicht einzusehen, daß auch ihr Ton im ersten Fall stärker, im zweiten Fall schwächer sein müsse. So ist ebenfalls klar, daß durch das stärkere Anbla-

*) Die neuere Tastatur ist zu eng, als daß die Schieber, wie in obiger Anordnung, den Tasten gerade gegenüber liegen könnten. Ich rathe daher den Künstlern, die den Bau einer Wasserorgel unternehmen (Möchten dies doch die Herrn Mälzel und Kaufmann sein!) sich irgend eines Zwischenzeuges, etwa der gewöhnlichen Wellen, zu bedienen.



Digitized by Google

sen der Pfeifen, da es Zungenpfeifen sind, die Stimmung keine Veränderung erleiden kann, indem dadurch die Schwingungen der Zunge nicht beschleunigt, sondern bloß vergrößert werden. Wenn wir daher eine Taste langsam niederdrücken, so wird die Pfeife erst ganz leise ansprechen, ihr Ton aber, ohne Veränderung seiner Höhe, bis zu dem Augenblick, wo alle drei Löcher genau unter einander zu stehen kommen, immer mehr und mehr an Stärke zunehmen; eben so wird auch umgekehrt, wenn wir die niedergedrückte Taste nach und nach loslassen, der Ton der Pfeife immer schwächer und schwächer werden, und endlich ganz verhallen.*) Die Luft aber, welche zum Anblasen der Pfeifen durch die Löcher der Windlade entflieht, wird sogleich wieder aus dem Regulator, und der Abgang im Regulator wieder durch Wasser ersetzt, welches unten auf allen Seiten eindringt. Ist jedoch die Luft im Regulator so weit verbraucht, daß sich das Wasser darin eben so hoch erhoben hat als im Kasten, so hört aller Druck auf die Luft auf. Um daher diesen Fall zu verhüten, müssen wir während des Spiels, durch Niedertreten des Hebels bei p, beständig neue verdichtete Luft einpumpen. Eine Ungleichheit des Windes aber kann durch dieses Einpumpen nicht entstehen, weil die Kraft der Luft, und die Last des Wassers, sich immer das Gleichgewicht halten, indem bei zunehmender Luft ein verhältnißmäßiger Theil des Wassers aus dem Regulator entweicht, bei abnehmender Luft wieder hineintritt. — So weit Heron.

Wir sehen, daß die beiden beschriebenen Orgeln in den meisten Stücken übereinkommen; nur ein sehr wesentlicher Unterschied findet Statt, nehmlich der, daß die Orgel des Vitruvius mehrere Stimmen, die Orgel des Heron nur eine Stimme

*) So wäre denn die glänzendste Eigenschaft der alten Orgel wieder aufgefunden! Eine Eigenschaft, welche man seit Jahrhunderten vergebens gesucht hat, der neuern Orgel mitzutheilen. Denn denkende Mechaniker sahen wohl ein, daß der Musiker die Stärke und Schwäche des Tons, und das Anwachsen und Verschwinden desselben — wenn dies keine bloße Spielerei sein sollte — durch mehrern oder mindern Druck auf die Tasten in seiner Gewalt haben müsse.

Digitized by Google

hat, und daß also erstere ein Polychord, letztere ein Monochord ist. *) Wenn wir nun berücksichtigen, daß die Fächer der Windlade beim Vitruvius eigentlich nichts anders sind, als mehrere neben (hinter) einander stehende Heronische Windladen, so folgt von selbst, daß auch jedes Fach durch eine besondere Röhre mit dem Regulator in Verbindung stehen müsse, und daß es eben diese Röhren sind, welche durch Hähne verschlossen wurden. Der Mechanismus für den einzelnen Ton, in vier Stimmen, würde demnach folgende Einrichtung erhalten müssen: Es seien a b c d (Fig. 49) die besagten Röhren, welche aus dem Scheitel des Regulators in die Fächer der Windlade führen, e f g h die Hähne derselben, k l m n die Fächer der Windlade, o p q r die Behälter der Mundstücke, s t u v die vier gleichgestimmten Pfeifen; x aber sei die Taste, und z der Schieber, dessen vier Löcher den Löchern der Windlade und des Pfeifenstockes genau entsprechen müssen, so daß, wenn wir die Taste x niederdrücken oder loslassen, alle vier Durchgänge aus der Windlade in den Pfeifenstock zugleich geöffnet oder verschlossen werden. Sobald wir also irgend einen der Hähne e öffnen, füllt sich das Fach k der Windlade mit verdichteter Luft, und drücken wir die Taste x nieder, so wird nur allein die Pfeife s angeblasen werden; verschließen wir wieder den Hahn e, öffnen den Hahn f, und drücken die Taste nieder, so wird wieder bloß die Pfeife t ansprechen; **) öffnen wir aber alle vier Hähne, so werden auch beim Niederdrücken der Taste alle vier Pfeifen ertönen.

*) Bei den Griechen war die Orgel ein Conzert-Instrument; die neuere Orgel kann aber diese Anwendung nicht erhalten, weil sie keines Ausdrucks fähig ist. Wir haben sie daher in die Kirche verwiesen, wo ihre Bestimmung ist, einen so großen Lärm zu machen, daß Gott von dem schlechten Gesange seiner lieben Gemeinde nichts hört. Eine Vergleichung zwischen der griechischen und neuern Orgel kann also gar nicht Statt finden; denn als Kirchen-Instrument würde allerdings eine einstimmige Orgel nichts bedeuten, als Conzert-Instrument aber kann sie sehr vollkommen sein.

**) Sollte die Erfahrung lehren, daß die in dem Fache k zurückgebliebene verdichtete Luft noch die Pfeife s anbliese, so müßten die Hähne dergestalt doppelt durchbohrt werden, daß, wenn der Zugang aus dem Regulator verschlossen wird, sich zugleich ein Ausgang aus dem Fache ins Freie öffnet.



Digitized by Google

Dieser Mechanismus ist jedoch bloß für Zungenpfeifen (Rohrwerke) ausreichend; sollten aber wohl die acht Stimmen der Orgel des Vitruvius lauter Rohrwerke gewesen sein? Gewiß nicht; vielmehr dürfen wir annehmen, daß die Alten alle drei Gattungen der Blasinstrumente — der Aulos, Syrinx und Salpinx — zu Orgelstimmen werden angewendet haben.*) Nun wird aber der Ton einer Lippenpfeife (Labialpfeife) durch vermehrtes Anblasen nicht nur stärker, sondern auch höher; kann diesem abgeholfen werden? Mich dünkt, sehr leicht; es heißt nemlich ein Satz der physikalischen Klanglehre: Wenn die Kraft des zuströmenden Windes, und die Menge desselben, in gleichem Verhältnisse zu- oder abnehmen, so wird der Ton stärker oder schwächer, seine Höhe verändert sich aber nicht. Hieraus folgt, daß die Stimmung einer Lippenpfeife bei verstärktem Anblasen keine Veränderung erleiden kann, sobald ihre Fußöffnung in demselben Verhältnisse verkleinert wird, als der Durchgang aus der Windlade in den Pfeifenstock sich vergrößert. Der Mechanismus zum Verkleinern der Fußöffnung ist zwar auf sehr verschiedene Weise möglich, ich halte indessen folgenden für den einfachsten: Man richte eine Lippenpfeife so ein, daß ihr Fuß unten nur sehr wenig verjüngt zuläuft, und also die Fußöffnung beinahe eben so groß ist, als der Durchmesser der Pfeife. Diese Pfeife stecke man mit ihrem Fuße in einen Stiefel, der aber viel kürzer sein muß, als der Stiefel einer Zungenpfeife. Ferner löthe man einen kurzen senkrecht stehenden Stiel auf denjenigen undurchbohrten Theil des Schiebers an, welcher das Bodenloch des Stiefels verschließt, und auf diesen Stiel befestige man wieder eine Platte in wagerechter Lage, deren obere Fläche genau bis an die Öffnung des Pfeifenfußes reicht. Wenn wir demnach jetzt die Taste langsam niederdrücken, so bewegt sich mit dem Schieber zugleich auch die Platte vorwärts, und verschließt nach und nach einen immer größern Theil von der Öffnung des Pfeifenfußes. Durch Versuche wird man leicht das

*) In neuern Zeiten ist meines Wissens Herr Mälzel der erste, welcher die Gattung der Salpinx zu Orgelstimmen angewendet hat.

Digitized by Google

übrige finden, z. B. daß das Loch im Boden des Stiefels, zur Aufnahme des kleinen Stiels, noch einen Ausschnitt erhalten muß, weil sonst der Schieber sich nicht ganz vorziehen würde u. d. m.

## Die Windorgel.

Heron. Spirital. p. 229 et 230.

Die Windorgel ist von der Wasserorgel nur darin unterschieden, daß sie, statt des Wasserregulators, einen Kolbenregulator (Regulator with the flying piston) hat; wir werden daher auch nur diesen Regulator beschreiben. Es sei a b (Fig. 50) ein sehr weiter, mit einem Boden versehener, und auf das sorgfältigste ausgebohrter und geglätteter ehemer Lauf. In diesem Laufe befinde sich der wohl abgerundete und geglättete eherne Kolben c, welcher mit Leichtigkeit hineingehen, und doch so genau an die innere Oberfläche des Laufes a b anschließen muß, daß keine Luft nebenbei durchzudringen vermag. Bei d sei mit dem Kolben eine eherne Stange d e unbeweglich verbunden, welche, um den Kolben stets in gerader Richtung zu erhalten, oben durch einen über den Lauf a b angebrachten Steg f geht. Ferner sei die Seitenwand a des Regulators unten durchbohrt, und die weite, an beiden Enden offene Röhre g, welche in die Windlade der Orgel führt, über dieses Loch festgelöthet. Endlich habe auch der Boden des Regulators ein Loch h, in welches die Leitröhre der Luftpumpe k l eingesetzt ist. — Wird nun durch Einpumpen die Menge der Luft im Regulator vermehrt, so erhebt sich der Kolben c, wird die Menge derselben durch das Spielen der Orgel vermindert, so sinkt er. Die Verdichtung der Luft bleibt sich also immer gleich; der Grad dieser Verdichtung aber hängt von der Schwere des Kolbens ab.

Digitized by Google

# Die Luftkatapulta.

Philon. de Telor. Construct. p. 77 et 78.

„Die Luftkatapulta (ἀεροβόλον) schleudert Steine, und ist eine Erfindung des „Ktesibios. Schon in seinen pneumatischen Lehrsätzen zeigte dieser Mathematiker, „wie sehr die Luft der Zusammendrückung fähig sei, und mit welcher erstaunlichen „Kraft und Schnelligkeit sie sich wieder ausdehne; er begriff daher sogleich, als ein „der Mechanik Kundiger, daß dies mit dem größten Vortheil zur Bewegung der „Wurfhebel (ἀγκῶνες) benutzt werden könne. Dem zufolge goß er zwei starke, un„ten verschlossene eherne Gefäße (Läufe), an Gestalt den Büchsen der Ärzte (Apo„theker) ähnlich, doch ohne Deckel. Nachdem er aber diese Läufe auf das sorgfäl„tigste ausgebohrt, und ihre innere Oberfläche geglättet hatte, bereitete er zwei eherne „Kolben (τυμπάνια), die gleichfalls im Umkreise geglättet waren, und so genau „in die Läufe einpaßten, daß, wenn sie auch mit der äußersten Gewalt hineingetrie„ben wurden, doch keine Luft nebenbei durchließen. Man darf sich übrigens nicht „wundern, und es in Zweifel ziehen, ob dies zu bewerkstelligen möglich gewesen sei; „denn die ehernen Gebläse der Wasserorgeln sind eben so gearbeitete und mit Kolben „versehene Läufe, wie die oben beschriebenen. Als nun Ktesibios zwei, den genann„ten Büchsen ähnliche, Läufe verfertigt hatte, befestigte er sie in einem aus Holz „und Eisen bestehenden Gestelle, und verband die untern Hebelarme, welche die Fer„sen (πτέρναι) genannt werden, durch beweglich eingefügte Eisenstangen, mit den „Kolben. Die Spannung aber geschah, indem die obern Hebelarme, welche die „Schneller (τοξίτιδες) heißen, vermittelst daran geknüpfter Seile (Sehnen), durch „Winden niedergezogen wurden; denn während dies geschah, stießen die untern He„belarme die Kolben immer tiefer hinein, wodurch die in den Läufen befindliche Luft „zusammengedrückt und verdichtet wurde, welche nun eine große Heftigkeit zeigte, sich „wieder in ihren natürlichen Zustand zu versetzen. War daher die Schleuder geord-

Digitized by Google

„net, der Stein hineingelegt, und man löste hierauf den Drücker (χειρ), so trie„ben die Hebel, indem sie mit gewaltiger Kraft zurückfielen, den Stein heraus, und „warfen ihn durch einen sehr weiten Raum."

Es läßt sich leicht begreifen, daß die kriegerischen Griechen eine solche außerordentliche Erfindung nicht werden unberücksichtigt gelassen haben; auch ersehen wir aus dem Heron und Vitruvius, daß in der That ihre Ballisten und Katapulte sämmtlich Luftmaschinen waren — beim Heron heißen die Läufe Χοιρικίδες, beim Vitrivius Modioli. *) Die deutlichste Vorstellung von jenen Maschinen erhalten wir indessen durch die Abbildungen derselben auf der Säule Trajans; Fig. 51 ist eine davon, a b und c d sind die beiden Läufe. Da nun Heron sagt, man habe, der leichtern Fortschaffung wegen, alle Theile bis auf die Läufe (Hemitonia) aus einander nehmen können, so sieht man ein, warum hier die zur Spannung gehörende Vorrichtung gänzlich fehlt. Es scheint jedoch aus den Beschreibungen der genannten Schriftsteller hervorzugehen, daß bei der Spannung die Kolben nicht hineingestoßen, sondern herausgezogen wurden. Hieraus würde denn folgen, daß man sich nicht mehr (wie Ktesibios) der abstoßenden, sondern der anziehenden Spannkraft der Luft bediente, welches auch die hölzernen Läufe des Heron zu bestätigen scheinen. Daß aber die anziehende Spannkraft der Luft ungeheuer ist, beweisen die neuern Dampfmaschinen.

## Die Taucherglocke.

Aristot. Problem. sect. 32. quaest. 5.

Die Griechen hatten zwar sehr geübte Taucher, war aber die Tiefe sehr groß, in welche sie hinabsteigen sollten, so würde das Hinabsteigen dennoch mehr Zeit erfor-

*) Vielleicht waren bloß die Euthytona, welche auch Scorpione genannt wurden, Bogenmaschinen.

Digitized by Google

dert haben, als sie ohne zu athmen ausdauern konnten. Sie bedienten sich daher in solchen Fällen einer durch schwere Gewichte hinabgezogenen Glocke (λέβητα καταφέντες), die sich nicht mit Wasser füllt, sondern Luft enthält, wenn sie gerade hinabgelassen wird. Hatte jedoch der Taucher den Grund des Meeres erreicht, so verließ er die Glocke, und kehrte nur von Zeit zu Zeit, um Athem zu schöpfen, zu ihr zurück. Nun ist aber bereits (Seite 5) gesagt worden, daß der Druck des Wassers auf die Luft in einem umgekehrt unter Wasser gehaltenen Gefäße so groß sei, als eine gleiche Masse von Wasser schwerer ist; enthält nemlich ein solches Gefäß nur einen Kubikzoll Luft, so ist der Druck darauf auch nur so groß als ein Kubikzoll Wasser schwerer ist; jemehr Luft also das Gefäß enthält, je größer ist auch der Druck des Wassers darauf. Hieraus folgt demnach, daß eine Taucherglocke nicht sehr groß sein darf, weil zu stark verdichtete Luft das Athmen unmöglich macht. Ist aber die Glocke erst ganz mit Wasser bedeckt, so wird der Druck auf die Luft nicht mehr vergrößert, wenn man sie auch bis auf den Grund des tiefsten Meeres hinablassen wollte. Das Mariottische Gesetz ist folglich eine Thorheit.

---

Gedruckt bei Johann Friedrich Starcke.

Digitized by Google

Fig. 1.

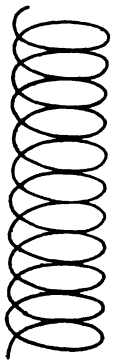


Fig.

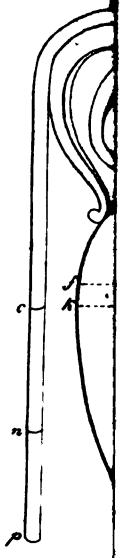



Fig. 6.

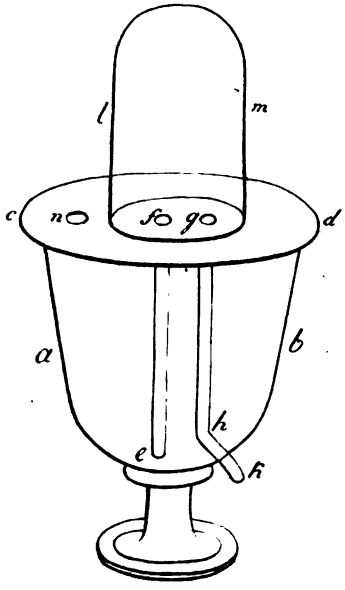



Fig. 7.

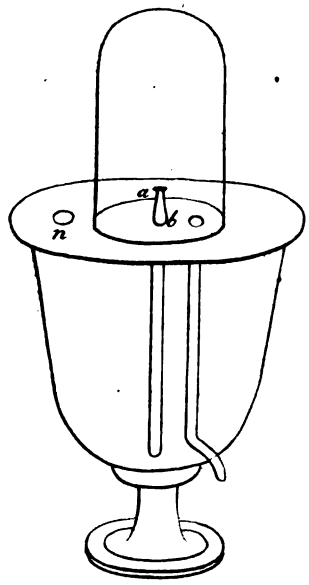



Fig. 8.

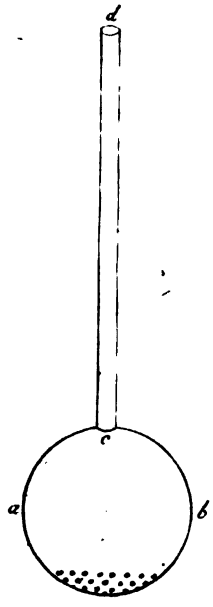



Fig. 13.

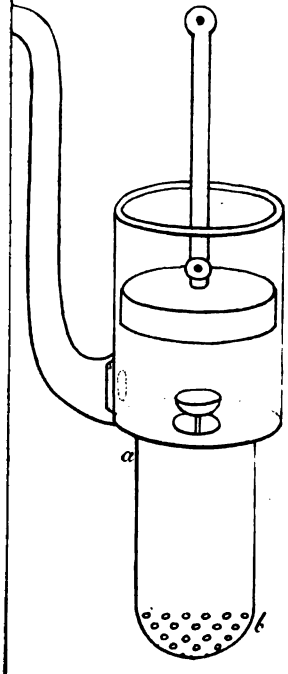
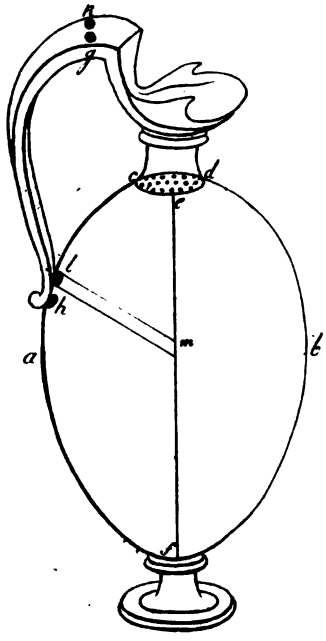



Fig. 14.




Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 17.

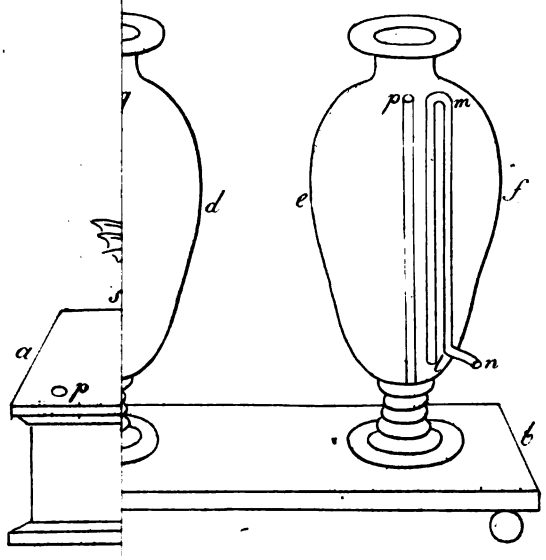
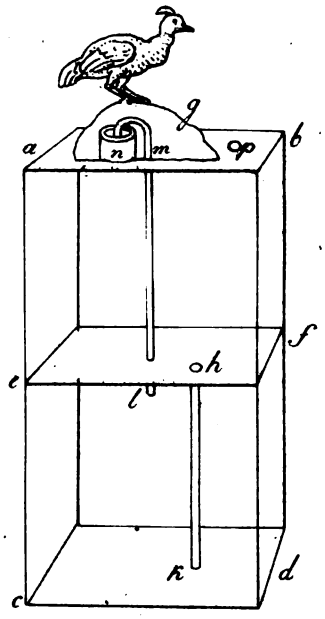



Fig. 18.



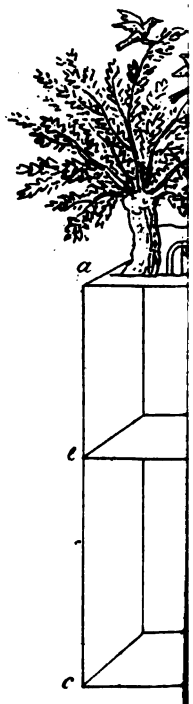




Fig. 21.

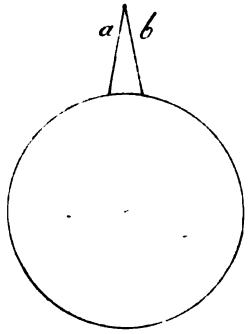
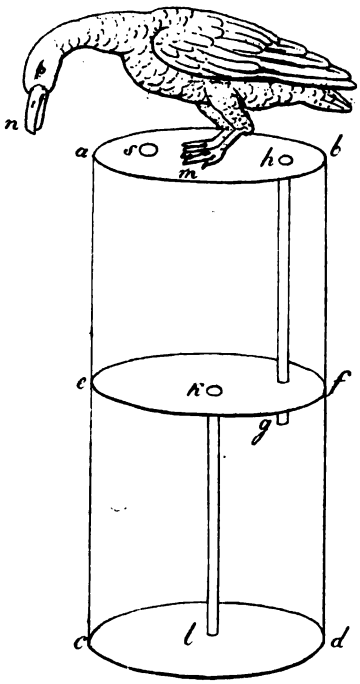



Fig. 22.




Digitized by Google

Digitized by Google

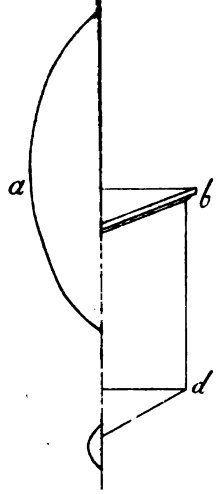



Fig. 26.

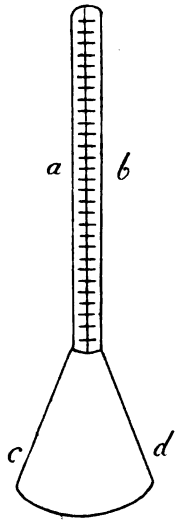
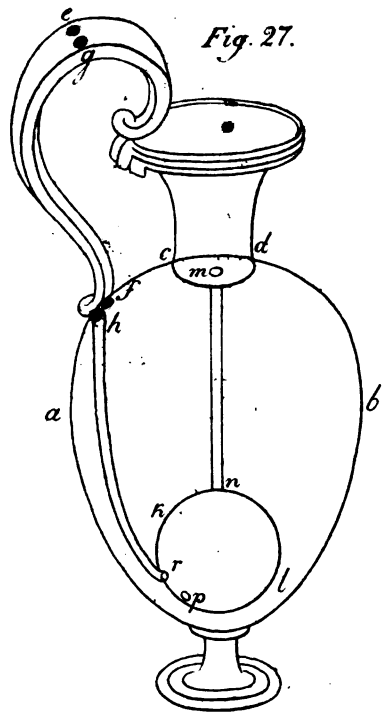



Fig. 27.



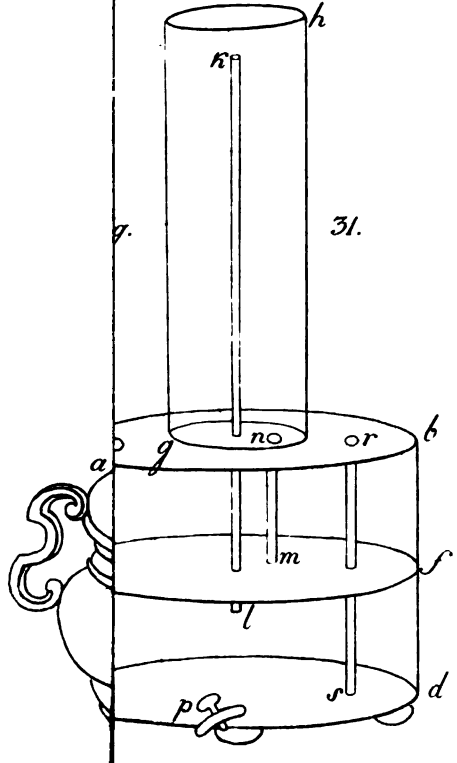
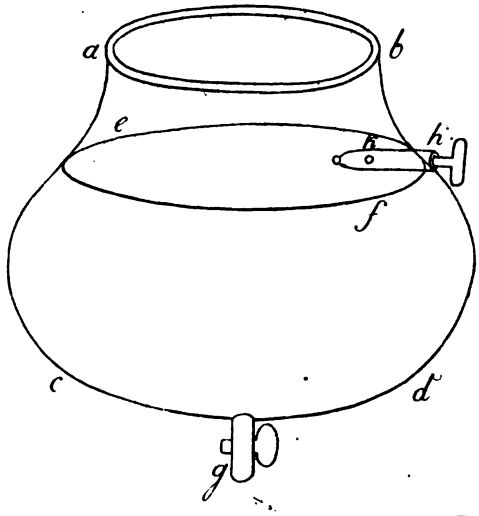




Fig. 32.




Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 33.

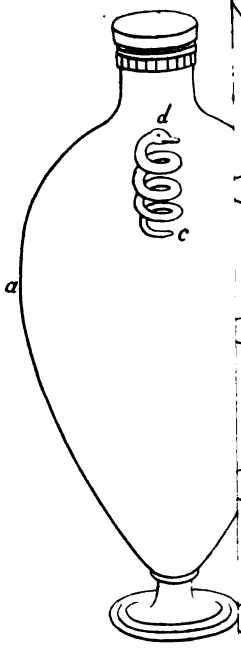



Fig. 36.

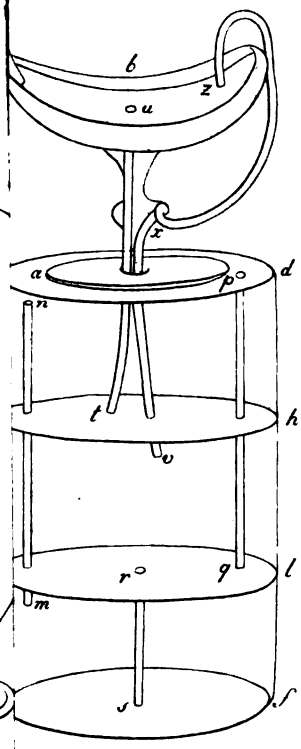



Fig. 37.

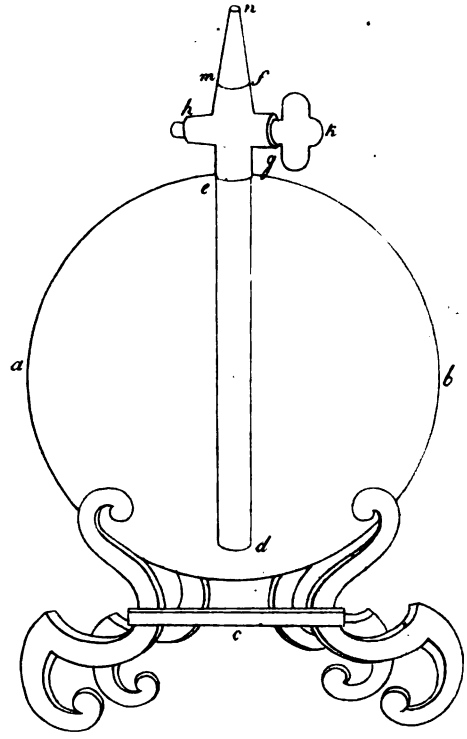



Fig. 40.

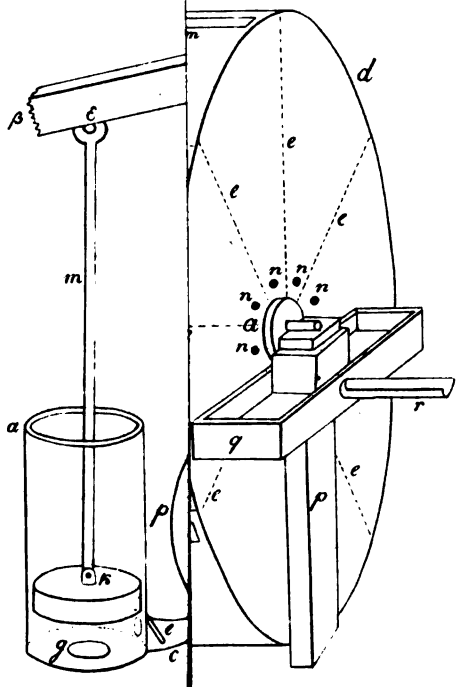
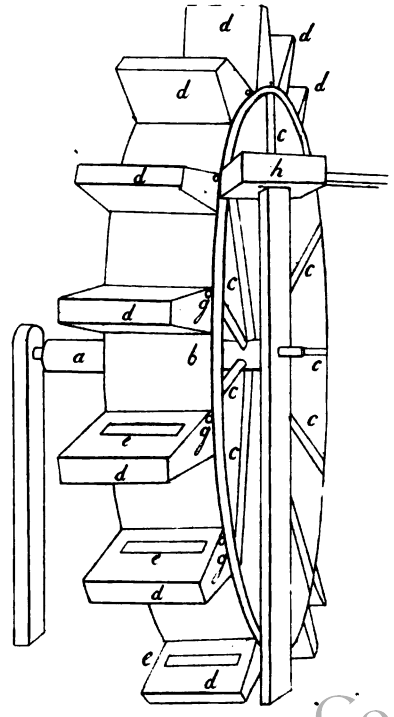



Fig. 41.




Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 42.

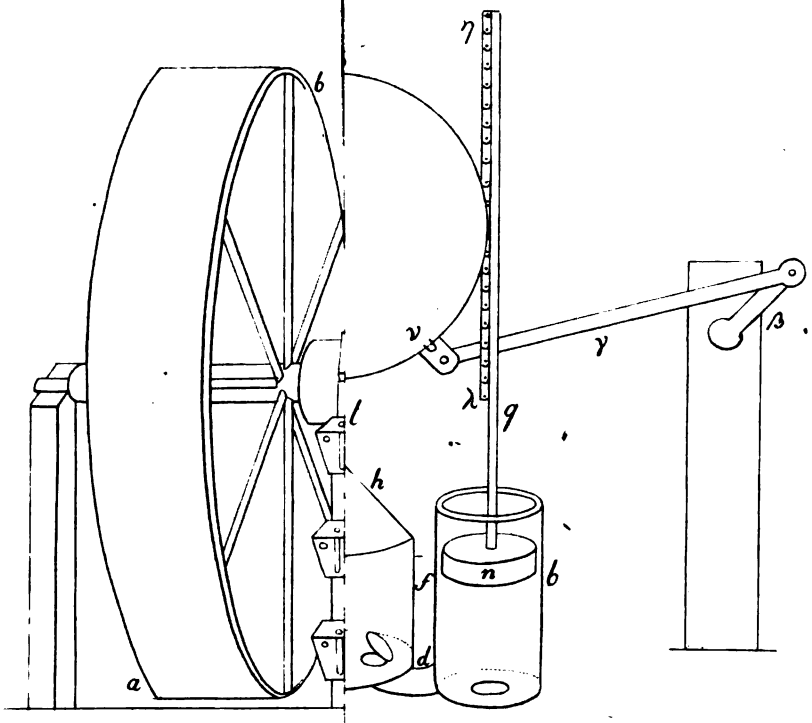



Fig. 46.

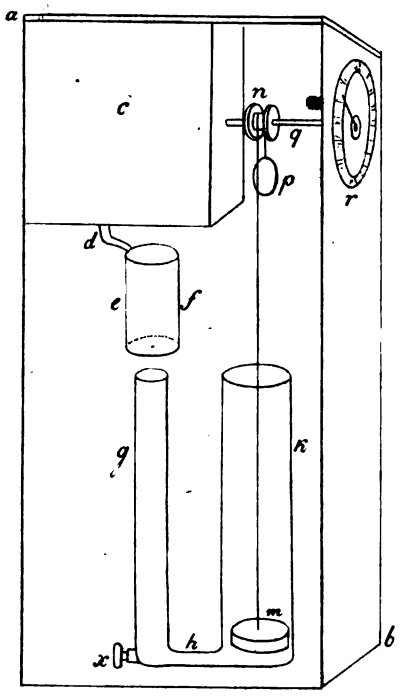



Fig. 50.

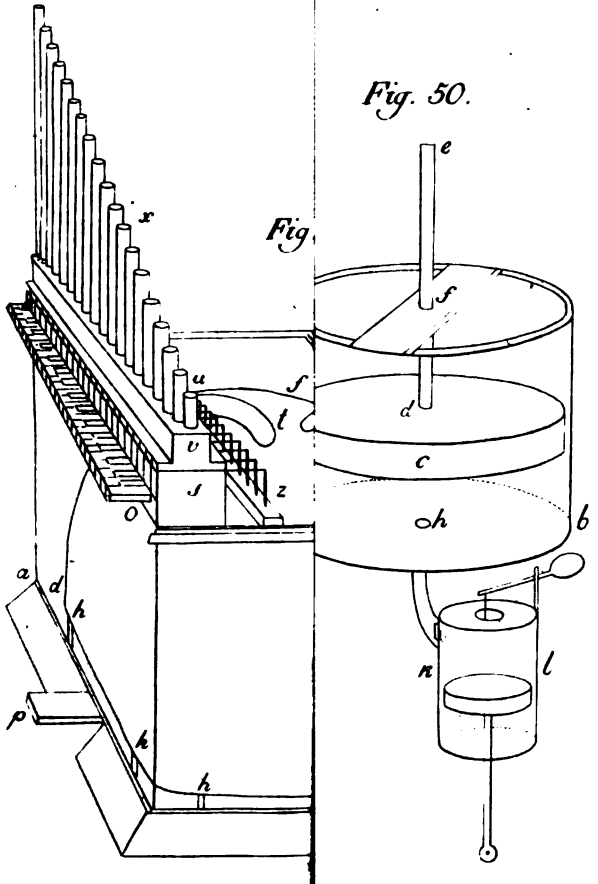
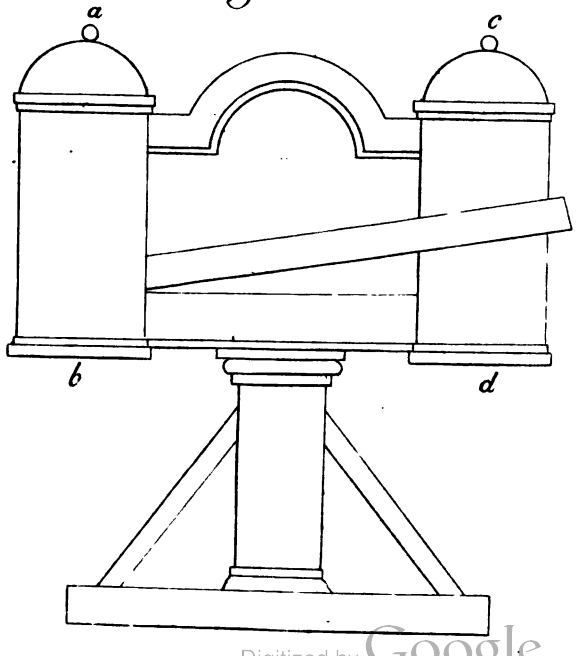



Fig. 51.




Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Class 3028.22
Die pneumatischen erfindungen der G
Widener Library
005193669
3 2044 081 365 322

Digitized by Google